

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN PASO 1 PILAR DE MANTENIMIENTO
PLANEADO BASADO EN LA METODOLOGÍA DE MEJORAMIENTO CONTINUO
TPM MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEA PILOTO CALDERAS
ACEITE TÉRMICO Y VAPOR DEL ÁREA SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA
COMPAÑÍA NACIONAL DE CHOCOLATES FABRICA BOGOTÁ

AUTORES:

HUGO ARDILA

JHONATAN CORCHUELO

FREDY MONTERO

ASESOR:

PHD. GIOVANNY OROZCO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD ECCI

BOGOTÁ NOVIEMBRE DE 2022

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN PASO 1 PILAR DE MANTENIMIENTO
PLANEADO BASADO EN LA METODOLOGÍA DE MEJORAMIENTO CONTINUO TPM
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LÍNEA PILOTO CALDERAS ACEITE
TÉRMICO Y VAPOR DEL ÁREA SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA COMPAÑÍA
NACIONAL DE CHOCOLATES FABRICA BOGOTÁ

AUTORES:

HUGO ARDILA

JHONATAN CORCHUELO

FREDY MONTERO

MONOGRAFÍA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
ESPECIALISTAS DE GERENCIA DE MANTENIMIENTO

ASESOR:

DR. GIOVANNY OROZCO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD ECCI

BOGOTÁ NOVIEMBRE DE 2022

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo primero que todo a Dios quien nos da la salud y la vida para cumplir con nuestras metas y proyectos. A mi esposa Karen Gómez, a mi hijo Kevin Corchuelo quienes tuvieron la comprensión por los momentos de ausencia en que no los pude acompañar. A mi madre y hermanos quienes siempre me apoyaron para poder llevar a cabo este estudio el cual va a ser fundamental para mi desarrollo profesional y laboral.

JHONATAN CORCHUELO

Dedico este trabajo a mi esposa Alejandra Fresneda a mis hijos Lorenzo Ardila y Jerónimo Ardila que han comprendido que mi ausencia durante esta especialización ha sido para mejorar nuestra calidad de vida, a Dios porque sin él estos logros y metas cumplidas no sería posible, al ingeniero Nelson Rojas que ha sido guía y ejemplo para mi perfil profesional y a mis dos compañeros de tesis que hicimos un gran equipo y nos complementamos de la mejor manera.

HUGO ARDILA

Mi primera dedicación es a Dios, por haberme permitido participar en el Posgrado que fue siempre uno de mis objetivos profesionales, dedico este trabajo a mis hijos, a mi esposa quienes siempre me apoyaron en los momentos de ausencia, quienes siempre estuvieron brindando una voz de ánimo, a mis compañeros de trabajo quienes siempre contaron con la disposición, disciplina y compromiso para lograr el objetivo y a todos los docentes quienes fueron participes en todo este proceso formativo.

FREDY MONTERO

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a nuestros tutores el Mag. Nelson Rojas y Dr. Giovany Orozco quienes gracias a su amplio conocimiento y experiencia nos guiaron de la manera más adecuada para poder desarrollar este documento, a la universidad ECCI por abrirnos las puertas y permitir ampliar nuestros conocimientos utilizando la instalación y equipos, a los docentes que estuvieron en nuestra trayectoria estudiantil los cuales aportaron sus conocimientos, metodologías de aprendizajes, técnicas educativas para convertirnos en especialistas de mantenimiento.

A la Compañía Nacional de Chocolates quienes nos permitieron desarrollar esta propuesta en sus instalaciones, brindándonos acceso a su información, a los equipos y documentos que fueron fundamentales para poder llevar a cabo y con éxito este documento.

LOS AUTORES

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	18
RESUMEN	20
ABSTRACT	21
PALABRAS CLAVES	22
1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	23
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	24
2.1 Descripción del problema.....	24
2.2 Formulación del problema.....	25
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	26
3.1 Objetivo General	26
3.2 Objetivos Específicos	26
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	27
4.1 Justificación	27
4.2 Delimitación	28
4.3 Limitaciones	28
5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	31
5.1 Estado del arte	31
5.1.1 Estado del Arte Local	31
5.1.1.1 Propuesta de un Modelo de mejora en los planes de Mantenimiento de los Activos Fijos Productivos de la Planta de Aseo de la empresa Casa Luker S.A.	31
5.1.1.2 Propuesta para la implementación de un Plan de Mantenimiento Autónomo	

Caso de estudio: Línea de Clavo Prensado Emcoclavos S.A.S.	31
5.1.1.3 Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para una Caldera Vr de 700 BHP en la Compañía Proteicol,	33
5.1.1.4 Propuesta de un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo (caso estudio metodología 8 pasos).	33
5.1.2 Estado del Arte Nacional	34
5.1.2.1 Implementación de plan piloto de TPM en una industria de cerámica. Universidad EAFIT escuela de ingeniería sede Medellín.	34
5.1.2.2 Propuestas de mejora bajo la filosofía TPM para la empresa cummins de los andes s. a. corporación universitaria lasallista caldas Antioquia.	35
5.1.2.3 Diseño del plan de mantenimiento preventivo enfocado a TPM para la compañía de montajes diseño y construcción c.m.d SAS. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia Seccional Duitama.	35
5.1.2.4 Estudio De La Implementación Del Mantenimiento Productivo Total (Tpm) Basado En El Pilar De Mantenimiento Planificado En La Empresa Syngenta Para Mejorar La Gestion Del Mantenimiento. universidad tecnológica de bolívar facultad de ingeniería mecánica Cartagena de indias,	36
5.1.3 Estado del Arte Internacional	37
5.1.3.1 Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado ubicado en la ciudad de Santa. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.	37
5.1.3.2 Propuesta de un Modelo de Mejora Continua de los procesos en el Laboratorio PROTAL – ESPOL, basado en la integración de un Sistema ISO/IEC 17025:2005 con un Sistema ISO 9001:2008 en el Universidad Politécnica Salesiana,	38

5.1.3.3 Análisis de los sistemas de mejora continúa en las empresas a través del metaanálisis.	39
5.1.3.4 Propuesta De Implementación De Mantenimiento Productivo Total (TPM) En El Área De Extracción De Jugo Trapiche Para Medir El Impacto De La Productividad De La Agroindustria Pomalca Saa,	40
5.2 Marco Teórico	41
5.2.1 Investigación Nacional	41
5.2.1.1 Conceptos Sobre Mantenimiento Preventivo.	41
5.2.1.1.2 Clasificación del Mantenimiento Preventivo.	43
5.2.1.1.2.1 Mantenimiento Preventivo Planeado.	43
5.2.1.1.2.2 Ventajas del Mantenimiento Preventivo.....	43
5.2.1.1.2.3 Programas de Mantenimiento Preventivo.	45
5.2.2 Investigación Internacional	45
5.2.2.1 Conceptos y características del TPM.....	45
5.2.2.1.1 ¿Qué es el TPM?.....	46
5.2.2.1.2 ¿Cuáles son las ventajas de utilizar la metodología TPM?.....	46
5.2.2.1.3 ¿Cuáles son los pilares de la metodología del TPM?	47
5.2.2.1.4 ¿Cuándo se debe implementar el TPM?	47
5.2.3 Tipos de Mantenimiento	48
5.2.3.1 Mantenimiento correctivo.....	48
5.2.3.2 Mantenimiento predictivo	48
5.2.3.3 Mantenimiento preventivo	49
5.2.3.4 Mantenimiento productivo total.....	49

5.3 Marco Legal	49
5.3.1 Norma ISO 9001	50
5.3.2 Norma ISO 55000.....	50
5.3.3 Norma ISO 55001	50
5.3.4 Resolución 6982 de 2011	51
5.3.5 Decreto 1521 del 1998	51
5.3.6 Decreto 40405 del 2020	51
5.3.6 Decreto 40198 del 2022	51
6. TIPO DE INVESTIGACIÓN	52
6.1 Tipo de Investigación	52
7. DESARROLLO METODOLÓTIPO DE INVESTIGACIÓN.....	54
7.1 Establecer la importancia de los equipos de la línea piloto de servicios industriales mediante la aplicación de la metodología Matriz de Criticidad para definir la calificación de los equipos.	54
7.2 Construir los principios de funcionamiento de los equipos de la línea piloto para identificar las posibles causas que impiden dar la confiabilidad requerida de los equipos. ...	62
7.2.1 Descripción y principio de funcionamiento Caldera de aceite térmico CALTERMICA 100BHP Decreto 1521 del 1998	63
7.2.1.1 Descripción y principio de funcionamiento	65
7.2.1.1. Partes de la caldera CALTERMICA 100 BHP.....	65
7.2.1.2 Quemador Oilon.....	68

7.2.1.3 Quemador Oilon Modo Gas	69
7.2.1.4 Quemador Oilon Modo Diésel	71
7.2.1.5 Instrumentos y componentes del quemador	72
7.2.1.6 Control de combustión	72
7.2.1.6.1 Control de interruptor	73
7.2.1.6.2 Interruptor selector de combustible	74
7.2.1.6.3 Partes del panel de control del Quemador	74
7.2.1.7 Tablero eléctrico	74
7.2.1.8 Verificación de cadena de seguridad y operacional	75
7.2.1.9 Verificación de Indicadores	75
7.2.1.9.1 Barra de menú lateral	77
7.2.1.9.2 Barra de navegación inferior	77
7.2.1.10 Visualización pantalla inicio Caldera Aceite	77
7.2.1.11 Ciclo de encendido del quemador.....	79
7.2.1.12 Historial de Fallas	80
7.2.1.13 Pantalla de Tendencias.....	80
7.2.2 Descripción y principio de funcionamiento Caldera de Vapor Distral 100 BHP	81
7.2.2.1 Diagrama de flujo de funcionamiento.....	82
7.2.2.2 Instrumentos de seguridad y operación	83
7.2.2.3 Partes de la caldera.....	85
7.2.2.4 Quemador Oilon.....	87

7.2.2.5 Quemador Oilon Modo Gas.....	90
7.2.2.6 Quemador Oilon Modo Diésel.....	91
7.2.2.7 Instrumentos y componentes del Quemador.....	92
7.2.2.8 Control de combustión	93
7.2.2.8.1 Panel de control.....	94
7.2.2.8.2 Control de interruptor	95
7.2.2.8.3 Interruptor selector de combustible	96
7.2.2.9 Tablero eléctrico	97
7.2.2.10 Verificación de la cadena de seguridad y operacional.....	97
7.2.2.11 Verificación de Indicadores	98
7.2.2.12 Operación HMI.....	99
7.2.2.12.1 Barra de menú lateral	99
7.2.2.12.2 Barra de navegación inferior.....	100
7.2.2.13 Visualización apagada y encendido calderas de vapor	100
7.2.2.14 Visualización encendido del quemador	101
7.2.2.15 Ciclo de encendido del quemador.....	102
7.2.2.16 Historial de fallas	103
7.2.2.17 Pantalla de tendencias	103
7.3 Proponer los planes de mantenimiento para los equipos de la línea piloto	104
7.3.1 Plan de mantenimiento para el equipo Red de Aceite Térmico	104
7.3.1.1 Inspección mensual tubería red de aceite.....	104

7.3.2 Plan de mantenimiento para el equipo Red de Vapor.....	104
7.3.2.1 Inspección mensual tubería red de vapor.....	104
7.3.3 Plan de mantenimiento para el equipo Tanque de Condensados Agua	106
7.3.3.1 Mantenimiento trimestral tanque condensados agua	106
7.3.3.2 Mantenimiento semestral tanque condensados agua	107
7.3.3.3 Mantenimiento anual tanque condensados agua.....	107
7.3.3.4 Mantenimiento predictivo tanque de condensados agua	108
7.3.4 Plan de mantenimiento para el equipo Tanque de Expansión Térmico.....	108
7.3.4.1 Mantenimiento trimestral tanque de expansión aceite térmico.....	108
7.3.4.2 Mantenimiento anual tanque de expansión aceite térmico	109
7.3.4.3 Mantenimiento predictivo cada 5 años tanque expansión térmico	110
7.3.5 Plan de mantenimiento para el equipo Tanque Almacenamiento Aceite	110
7.3.5.1 Mantenimiento trimestral tanque almacenamiento aceite 1.....	110
7.3.5.2 Mantenimiento anual tanque almacenamiento aceite	111
7.3.5.3 Mantenimiento predictivo tanque almacenamiento aceite 1.....	111
7.3.6 Mantenimiento preventivo limpieza tanque ACPM 5000 Galones	112
7.3.6.1 Mantenimiento trimestral tanque ACPM 5000 Galones.....	112
7.3.7 Plan de mantenimiento para los equipos Calderas de Vapor y Aceite Térmico	113
7.3.7.1 Mantenimiento eléctrico mensual calderas aceite térmico y vapor	113
7.3.7.2 Mantenimiento eléctrico motor calderas aceite térmico y vapor	114
7.3.7.3 Mantenimiento mensual calderas aceite térmico y vapor	115

7.3.7.4 Mantenimiento trimestral proveedor calderas aceite térmico y vapor.....	117
7.3.7.5 Análisis de gases bimestral calderas aceite térmico y vapor	118
7.3.7.6 Encendido trimestral caldera con ACPM Calderas Aceite Térmico y Vapor	119
7.4 Realizar la ficha técnica para establecer los indicadores de gestión del mantenimiento planeado para los equipos de la línea piloto.	121
7.4.1 Indicador de Averías en un mes	121
7.4.2 Porcentaje al Cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo	121
7.4.3 Tiempo Medio Entre Fallas MTBF.....	122
7.4.4 Tiempo Medio en Reparación MTTR.....	122
8. FUENTES DE OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	124
8.1 Fuentes Primarias.....	124
8.2 Fuentes Secundarias.....	124
9. ANÁLISIS FINANCIERO	125
10. CONCLUSIONES	129
11. RECOMENDACIONES	130
11. BIBLIOGRAFÍA	131

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Guía metodológica para trabajos de grado	53
Tabla 2: Clasificación equipos principales y sub-equipos	56
Tabla 3: Resumen Equipos Padres y calificación de Criticidad	62
Tabla 4: Ficha Técnica quemador	69
Tabla 5: Elementos diagrama Quemador a Gas	70
Tabla 6: Elementos diagrama Quemador a Diésel	71
Tabla 7: Partes de control de interruptor	73
Tabla 8: Partes interruptor selector de combustible	74
Tabla 9: Partes panel de control	74
Tabla 10: Ficha Técnica quemador	88
Tabla 11: Elementos diagrama Quemador a Gas	91
Tabla 12: Elementos diagrama Quemador a Diésel	92
Tabla 13: Partes panel de control	94
Tabla 14: Partes control del interruptor	95
Tabla 15: Partes control del interruptor gas-aceite	96
Tabla 16: Secuencia de operación	96
Tabla 17: Indicador Averías	121
Tabla 18: Indicador de % Preventivo	122
Tabla 19: Indicador de MTBF	122
Tabla 20: Indicador de MTTR	123
Tabla 21: Principales valores de pérdida en los últimos tres años por falencias en la adecuada gestión de mantenimiento.....	126

Tabla 22: Proyección de ahorro posterior a la implementación126

Tabla 23: Inversión – Actividades propuestas dentro de la inversión127

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Matriz de Criticidad	56
Figura 2: Matriz de Criticidad Red de Aceite térmico	59
Figura 3: Matriz de Criticidad Red de Vapor	59
Figura 4: Matriz de Criticidad Caldera Caltermica 100BHP	60
Figura 5: Matriz de Criticidad Caldera Distral 100BHP	60
Figura 6: Caldera de aceite térmico CALTERMICA 100BHP	63
Figura 7: Diagrama de flujo de funcionamiento Caldera CALTERMICA 100BHP	65
Figura 8: Termostato - Manómetro de temperatura	65
Figura 9: Sensor de temperatura PT 100 #1 – Válvula de salida de Aceite Térmico	66
Figura 10: Válvula de entrada Aceite Térmico – Sensor de temperatura PT 100 #2.....	66
Figura 11: Filtro de ACPM – Tanque Almacenamiento Aceite	66
Figura 12: Tanque de Expansión – Chimenea salida de gases	67
Figura 13: Quemador Oilon finlandés	68
Figura 14: P&D Quemador Oilon Modo Gas	69
Figura 15: P&D Quemador Oilon Modo Diésel	71
Figura 16: Fococelda – Regulador de gas, filtro y válvula, Servomotor	72
Figura 17: Pantalla de control quemador	72
Figura 18: Tablero Eléctrico Caldera	75
Figura 19: Llama encendida – Manómetro entrada ACPM (10-20PSI)	75
Figura 20: Manómetro entrada después de regulador (2-5PSI) – Manómetro entrada gas antes de regulador (15-20PSI	76
Figura 21: Manómetro de presión de Aceite (25-40PSI) – Manómetro entrada quemador (30-	

40PSI).....	76
Figura 22: Menú principal Software	76
Figura 23: Menú modo Caldera	77
Figura 24: Pantalla quemador Caldera Caltermica	78
Figura 25: Reset de falla Quemador Oilon	79
Figura 26: Ciclo del Quemador Oilon	79
Figura 27: Historial de fallas	80
Figura 28: Pantalla de Tendencias	80
Figura 29: Caldera de Vapor Distral 100 BHP	81
Figura 30: Diagrama de flujo de funcionamiento Caldera de vapor Distral 100BHP	82
Figura 31: Válvula de seguridad – Presostato de vapor	83
Figura 32: Switch de bajo nivel de agua – Transmisor de presión – Controlador presión	83
Figura 33: Manómetro de presión de vapor – McDonell & Miller	83
Figura 34: Quemador Oilon finlandés – Válvula de Purga.....	85
Figura 35: Nivel altura de agua – Válvula de entrada de agua	85
Figura 36: Manómetro entrada Gas – Filtro de ACPM	85
Figura 37: Chimenea de gases – Tratamiento químico de agua	86
Figura 38: Bomba de agua – Tanque de almacenamiento	86
Figura 39: Quemador Oilon finlandés	87
Figura 40: Formula capacidad Caldera – Calculo BTU	89
Figura 41: Grafica capacidad Quemador Oilon	89
Figura 42: P&D Quemador Oilon Modo Gas	90
Figura 43: P&D Quemador Oilon Modo Diésel	91
Figura 44: Quemador Oilon - Fococelda	92

Figura 45: Servomotor y Dámper de aire – Regulador de gas, filtro y válvula	93
Figura 46: Motor del ventilador – Bomba diésel y válvulas	93
Figura 47: Pantalla de control del Quemador	94
Figura 48: Tablero Eléctrico Caldera Distral	97
Figura 49: Diagrama cadena de Seguridad	97
Figura 50: Llama Encendida–Termómetro Chimenea(250-350°C)–Manómetro entrada Gas (15-20PSI)	98
Figura 51: Manómetro presión Gas regulador (2-5PSI) – Manómetro ACPM (10-20PSI).....	98
Figura 52: Manómetro Gas entrada (30-50 mbar) – Manómetro Gas salida (80-100PSI)	99
Figura 53: Menú principal Software Caldera Vapor.....	99
Figura 54: Menú principal Caldera Vapor	100
Figura 55: Pantalla quemador Caldera Vapor	101
Figura 56: Reset de falla Quemador Caldera Vapor	102
Figura 57: Ciclo del Quemador Caldera Vapor	102
Figura 58: Historial de Fallas Caldera Vapor	103
Figura 59: Pantalla de tendencias Caldera Vapor	103

INTRODUCCIÓN

Hacia el año 1920 En Medellín un grupo de visionarios antioqueños fundó la Compañía Nacional de Chocolates Cruz Roja a partir de la integración de pequeños productores locales, que luego se convirtió en Compañía Nacional de Chocolates S.A.

En el año 1933 la Compañía Nacional de Chocolates se hace accionista de la Fábrica de Galletas Noel. Posteriormente, con la adquisición de Chocolates Chaves y Equitativa, Santa Fe y Tequendama comenzamos a consolidarnos en el mercado, y, finalmente, posicionamos la marca Corona, Diana y Tesalia.

El chocolate se consolida como la bebida por excelencia de las clases trabajadoras urbanas y rurales en el año 1960.

En la década 1960 a 1970 comenzó en la Compañía un activo programa de fomento al cultivo del cacao y de diversificación de su producción. En 1961 nace la emblemática chocolatina Jet, la primera golosina de chocolate fabricada industrialmente en el país, y junto con ella creamos el primer álbum con sus colecciones de cromos.

Durante esta década también nació Chocolyne, el primer chocolate dietético sin azúcar, y experimentamos una gran renovación con los chocolates Diana y Tesalia saborizados con clavos y canela.

Actualmente en la compañía Nacional de Chocolates se cuenta con el modelo de gestión de mejoramiento continuo TPM Mantenimiento Productivo Total desde hace cinco años, este modelo se encuentra establecido en las plantas de Rionegro y Bogotá para Colombia, México, Perú y Costa Rica, para el caso de la fábrica de Bogotá se cuenta con una oficina de mejoramiento continuo, está compuesta por un coordinador, un analista y auxiliar, que son los asesores y auditores para la implementación óptima de la gestión TPM.

El pilar de Mantenimiento Planeado lo lidera el Jefe de Mantenimiento y su staff que está compuesto por tres coordinadores de mantenimiento, dos planeadores de mantenimiento, un auxiliar de mantenimiento, cuatro practicantes de mantenimiento y treinta y cuatro técnicos de mantenimiento, un coordinador de mantenimiento es el líder del almacén de repuestos e insumos, el segundo coordinador es el líder de los equipos productivos y el tercer coordinador es el líder del área de servicios industriales, actualmente el pilar de mantenimiento planeado se encuentra en paso 1 como equipo administrativo y tiene incidencia directa dentro de todos los Pequeños Equipos establecidos para implementar la metodología TPM Mantenimiento Productivo Total.

El área de Servicios Industriales está compuesta por el coordinador, planeador, dos técnicos electricistas, tres técnicos mecánicos y un practicante, los equipos a los que se debe garantizar confiabilidad y disponibilidad están clasificados dentro de ocho grandes grupos, los cuales son:

- Calderas de Aceite Térmico y Vapor
- Energía Eléctrica
- Aire Comprimido
- Planta de tratamiento de agua residual PTAR
- Red contra incendios
- Agua Industrial y Potable
- Logística
- Servicio de alimentación

A ninguno de los grupos de servicios industriales se le ha implementado la metodología de mejoramiento continuo TPM, la empresa no ha contemplado en cinco años que esta área de servicios industriales empiece con la implementación, quizás por poca relevancia en la fabricación de los productos, los autores de este proyecto consideran que el Área de Servicios Industriales es una de las más importante de la fábrica, ya que sin el correcto funcionamiento de los equipos que suministran el aire comprimido, el vapor, la energía eléctrica, el calentamiento y enfriamiento de equipos, etc., sería imposible el funcionamiento y operación de la maquinaria productiva, impactando negativamente los indicadores de la fábrica y la continuidad del negocio, perdiendo posicionamiento de la marca y afectado la satisfacción y recordación de los clientes y consumidores de la Compañía Nacional de Chocolates.

RESUMEN

La siguiente investigación se enfoca en realizar una propuesta de implementación del paso 1 del pilar de mantenimiento planeado, basado en la metodología de mejoramiento continuo del TPM (mantenimiento total productivo por sus siglas en inglés), para la Compañía Nacional de Chocolates.

Actualmente, la Compañía presenta algunas falencias en la línea piloto, calderas, aceite térmico y vapor del área servicios industriales, lo cual está impactando directamente en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos afectando la producción esperada y generando pérdidas económicas a la compañía. Para lograr la implementación del paso 1, se establecen los siguientes objetivos: aplicar la metodología de matriz de criticidad, construir los principios de funcionamiento de los equipos, proponer planes de mantenimiento y realizar fichas técnicas de los equipos.

Para desarrollar esta investigación se realizó la recolección de la siguiente información requerida dentro y fuera de la compañía: Entrevistas a los operadores de los equipos, cronogramas de mantenimientos establecidos, manuales del funcionamiento de los equipos, hoja de vida, informes en SAP, informes de mantenimientos realizados, tiempo de trabajo equipos, etc.

Finalmente, con la información obtenida y los objetivos propuestos desarrollados llegamos a la conclusión que al realizar la implementación de esta metodología podemos aumentar el tiempo medio entre fallas, reducir los tiempos de parada, alargar la vida del equipo, obtener una mejor confiabilidad y disponibilidad de los equipos, involucrar a todo el personal tanto de operación como mantenimiento, disminuir las pérdidas económicas de la compañía y garantizar la producción esperada

ABSTRACT

The following research addresses an implementation proposition of the first step of the planned maintenance pillars, based on the total productive maintenance (TPM) methodology for the Compañía Nacional de Chocolates (CNC).

Currently, CNC is having shortcomings in the pilot line, boilers, thermal oil, and steam in the industrial services area, which has negatively impacted the reliability and availability of equipment and has affected the expected production generating economic losses for the firm. To achieve step 1 of the implementation the following objectives are established: Apply the Criticality Matrix, build the equipment function principles, propose maintenance plans and create the technical sheets of the equipment.

To carry out this investigation, data collection inside and outside the company was performed. i.e. Interviews with the machinery operators, maintenance established schedules, functioning equipment manuals, equipment logs, SAP reports, conducted maintenance reports, machine hours, etc.

Finally, with the obtained information and the proposed objectives, we reached the conclusion that by implementing the TPM methodology the average time between faults can be increased, stopped equipment hours reduced and equipment life extended. Also, the implementation yields higher reliability and availability of the equipment, and operation and maintenance personnel must be involved in the methodology. Lastly, economic losses are reduced, and the expected production can be guaranteed.

PALABRAS CLAVES:

Indicadores de mantenimiento, Mantenimiento Preventivo, Matriz de criticidad, Planes de mantenimiento, TPM.

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Propuesta de implementación paso 1 pilar de mantenimiento planeado basado en la metodología de mejoramiento continuo TPM mantenimiento productivo total en línea piloto calderas aceite térmico y vapor del área servicios industriales de la Compañía Nacional de Chocolates fabrica Bogotá.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Descripción del problema

Actualmente las calderas de aceite térmico y vapor del área de servicios industriales de la planta de Bogotá de la Compañía Nacional de Chocolates, no cuentan con una metodología adecuada para la gestión de mantenimiento, para el rastreo de repuestos no se tienen hojas de vida de los equipos de la línea, cronograma de mantenimiento, matrices de criticidad, para la evaluación mensual de la gestión no se tienen indicadores de gestión de mantenimiento y para conocer el contexto operacional no se tiene los principios de funcionamiento de los equipos.

Desde el montaje y puesta en marcha de las calderas, la operación e intervención de mantenimiento ha sido empírica, debido a que no se cuenta con principios de funcionamiento, solo se ha servido como soporte los manuales de la máquina y la transferencia de conocimientos empíricos por parte de las personas más antiguas del área de mantenimiento que realizan intervenciones sin estar orientados a alguna metodología de mantenimiento ocasionando que se presenten en la mayoría de los casos reprocesos, averías, fallas eléctricas y mecánicas producto de la mala y deficiente gestión y planificación de mantenimiento, previo a las actividades que se realizan.

Actualmente las calderas no cuentan con hojas de vida, estas son las que permiten identificar los datos técnicos más relevantes de las máquinas y la información correspondiente a los tipos de mantenimientos que se han realizado durante su ciclo de vida de índole preventiva, correctiva o predictiva ocasionando así que las próximas intervenciones técnicas u operativas, se programen basadas en presunciones o supuestos y poco soportadas en datos estadísticos o de análisis que se pueden tomar de la información plasmada posterior a cada intervención. Adicional a esto, como se mencionaba anteriormente, intervenciones realizadas no están orientadas a un cronograma de actividades de mantenimiento, debido a que en el tiempo nunca se ha propuesto o se ha implementado convirtiendo esto en un problema debido a que no se lleva una periodicidad en tiempo o en horas de trabajo a los equipos, permitiendo que pueda surgir un paro no planificado en la operación producto de no llevar al día un cronograma con el tipo de mantenimiento que se

debe realizar y con una frecuencia establecida, acompañando de la carecía de las matrices de criticidad que se deben determinar y analizar según los parámetros establecidos por la norma e implementar o proponer en estos equipos de generación de vapor en la planta.

Debido a que no se lleva una estructura de gestión en el área, sobre todo en las calderas específicamente, se imposibilita trabajar en la adecuación y seguimiento de indicadores de mantenimiento.

2.2. Formulación del Problema

Con base en lo planteado en la descripción del problema, se presenta la pregunta de investigación con la cual se pretende sustentar la propuesta de implementación del paso 1 de mantenimiento planeado basado en la metodología de mejoramiento continuo TPM Mantenimiento Productivo Total, para las calderas de aceite térmico y vapor del área de servicios industriales.

¿Qué se requiere para una adecuada gestión de mantenimiento, confiabilidad y disponibilidad de las calderas de aceite térmico y vapor de los equipos de Servicios Industriales de la planta Bogotá Nacional de Chocolates?

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Objetivo General

Proponer la implementación de una metodología de mejoramiento continuo para la línea piloto calderas de aceite térmico y vapor del área de servicios industriales de la Compañía Nacional de Chocolates Fabrica Bogotá, basada en el paso 1 del pilar de mantenimiento planeado de la metodología TPM Mantenimiento Productivo Total.

3.2 Objetivos específicos

- Establecer la importancia de los equipos de la línea piloto de servicios industriales mediante la aplicación de la metodología Matriz de Criticidad para definir la calificación de los equipos.
- Construir los principios de funcionamiento de los equipos de la línea piloto para identificar las posibles causas que impiden dar la confiabilidad requerida de los equipos.
- Proponer los planes de mantenimiento para los equipos de la línea piloto.
- Realizar la ficha técnica para establecer los indicadores de gestión del mantenimiento planeado para los equipos de la línea piloto.

4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Justificación

En la compañía Nacional de Chocolates, dentro de sus equipos de servicio existen calderas de generación de vapor tipo industrial, este vapor juega un papel importante como complemento de muchos de sus procesos productivos, como por ejemplo el uso para calentar placas de transferencia térmica, calentamiento de agua y algunos procesos de desinfección.

Es muy importante recordar que la falta de mantenimiento en estos equipos tiene consecuencias que se pueden ver representadas en altos costos por pérdidas de producción, carencia y debilidad en la confiabilidad y disponibilidad de equipos. Para mitigar esta problemática debería existir manuales, instructivos, procedimientos, principios de funcionamiento y un programa de mantenimiento que ayuden a una mejor la operación e intervenciones de la parte técnica de mantenimiento.

En la actualidad los equipos de generación de vapor y calentamiento de aceite térmico de la empresa nacional de chocolates no cuentan con una adecuada gestión de mantenimiento. En una ocasión, tres de las cuatro líneas de producción estuvieron en paro no planificado durante un día completo a causa de una pérdida de vapor total, debido un mal procedimiento en el arranque de los equipos que ocasiono un daño en las bombas y tubería de recirculación de agua en las dos calderas de generación de vapor.

Entendiendo esto, es importante proponer una metodología de mejoramiento continuo, para este caso el paso 1 de mantenimiento planeado de la metodología TPM. Esta metodología es la que se ha venido desarrollando actualmente en una línea piloto del proceso de producción de la compañía y que se pretende replicar en el área de servicios industriales, tomando como línea piloto las calderas de generación de vapor industrial y calentamiento de aceite térmico.

4.2. Delimitación

El desarrollo de la propuesta se pondrá en marcha en la Compañía Nacional de Chocolates sede Bogotá, se establece en la línea piloto Calderas Aceite Térmico y Vapor del área Servicios Industriales ya que estos activos son de los más importantes en el proceso producción.

Con los datos recogidos se empezará a estructurar la metodología de mejoramiento, con formatos, procedimientos, herramientas de apoyo de análisis y control para brindar una solución que ayudará para la puesta en marcha de la gestión de mantenimiento en esta zona de equipos industriales.

Este planteamiento se desarrollará en las calderas de aceite térmico y de vapor que hacen parte de los equipos de servicios industriales que sirven como soporte a los equipos de proceso y que están dispuestas en la planta principal de Bogotá.

Con los datos que se obtengan de las rutinas de monitoreo, las intervenciones en ordenes de trabajo “Preventivas y Predictivas” y demás complementos dentro del plan de mantenimiento, se tomaran como soporte para el análisis de tipo técnico y operacional de los equipos y sistemas, que adicional servirá como fundamento para la adecuada toma de decisiones.

4.3. Limitaciones

Para el desarrollo de la propuesta de implementación se tiene acceso a la información de la implementación del Paso 1 Pilar de Mantenimiento Planeado, basado en la metodología de mejoramiento continuo TPM realizada a pequeños equipos de la compañía hace 5 años de la cual se tomará la información necesaria para poder desarrollar esta propuesta.

Espacio: Una de las limitaciones más importantes está asociada con la veracidad de la información que sea suministrada por los técnicos cuando sea validado el registro de las actividades, inspecciones, mantenimientos realizados a los activos para poder así establecer su estado real, tiempo medio entre fallas, daño de piezas, cambio de repuestos para así determinar las acciones más factibles con el fin de ponerlos a punto optimizando su funcionamiento.

Tiempo: Esta es una limitante importante para el desarrollo de la propuesta de implementación, debido a las diferentes actividades que se deben ejecutar en el día a día para cumplir con la producción establecida por la compañía las cuales pueden afectar el cronograma establecido para poder reunir toda la información, indicadores, fallas recurrentes, estado actual de equipos y así poder empezar a presentar las diferentes alternativas que permitan establecer la mejor estrategia para la propuesta de implementación del paso 1 del pilar de mantenimiento planeado de la metodología TPM.

En este momento la empresa no cuenta con un estándar de operación para línea de producción, es por eso por lo que el levantamiento de información se realizara por medio de los técnicos quienes son las personas que mejor conocen el equipo.

Alcance: El desarrollo de este proyecto tiene como alcance desarrollar la propuesta de implementación del paso 1 del pilar de mantenimiento planeado basado en la metodología de mejoramiento continuo TPM en la línea piloto, proponer indicadores de gestión de mantenimiento, clasificar equipo según la herramienta matriz de criticidad, diseñar los planes de mantenimiento y construir los principios de funcionamiento de los equipos de la línea piloto Calderas de Vapor y Aceite Térmico.

Presupuesto: Para realizar la propuesta de implementación del paso 1 del pilar de mantenimiento planeado se debe tener un monto asignado para poder establecer un buen cronograma de ejecución debido a que se tendrán gastos en:

- Consecución de la información de los equipos, la cual se obtendrá de fichas técnicas, manuales de fabricante, conocimientos y experiencia de operarios.
- Realizar un análisis detallado a cada uno de los equipos para poder determinar las pérdidas ocasionadas por las constantes fallas
- Establecer los tiempos adecuados, equipos, horas de funcionamiento para crear y proponer un plan de mantenimiento a los equipos

- De acuerdo con los informes, inspecciones, números de fallas poder determinar los costos por tiempos de arranque y paradas de los activos
- Luego de realizar el levantamiento de la información realizar un cuadro con el listado de materiales, equipos, repuestos, tiempos de no operación, ingresos no recibidos para así determinar el costo total del mantenimiento programado y autónomo
- Identificar los cursos más apropiados, validar donde tenemos más falencias en el personal para poder establecer el costo por capacitación a operación y mantenimiento con el fin de que las actividades se realicen a los equipos sean de la manera más técnica posible.

De acuerdo con las actividades mencionadas anteriormente y la importancia que tienen para el desarrollo de la propuesta de implementación esta inversión deberá ser asumida por la empresa.

5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Estado del arte.

5.1.1. Estado del Arte Local.

5.1.1.1. Propuesta de un Modelo de mejora en los planes de Mantenimiento de los Activos Fijos Productivos de la Planta de Aseo de la empresa Casa Luker S.A. Universidad Ecci Sede Bogotá. Carlos Rubiano Matoma. 2021. (Matoma, s. f.)

La investigación Plantea una necesidad en la Planta de Aseo de Casa Luker S.A, debido que se están generando tiempos muertos improductivos por falla de equipos, los recursos disponibles de la dependencia son el mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y el Mantenimiento predictivo. Sin embargo, el estudio de aplicar una estrategia basada en confiabilidad permitirá la obtención de una visión global, junto con el conocimiento del estado general de la instalación, con el fin de atender fallas anticipadamente y lograr orientar los recursos de una manera adecuada para garantizar la disponibilidad de las líneas de producción en planta.

La proyección de una estrategia Basada en Confiabilidad permite desarrollar planes de mantenimiento en diferentes equipos, mitigando errores, disminuyendo costos y complicaciones al momento de ejecutar un plan de mantenimiento. Este tipo de estrategia hace énfasis tanto en las consecuencias de las fallas como en las características Técnicas de la misma. El análisis integra la revisión de las Fallas operacionales con la evaluación de diferentes aspectos (productividad, Costos de Mantenimiento, Flexibilidad operacional, Seguridad y salud en el Trabajo y medio Ambiente), las cuales se hacen importantes al momento de tomar una decisión importante en materia de mantenimiento. Con base a la Normativa (SAE JA011 Y SAE JA012), se realizará la categorización y evaluación de los niveles de Falla, determinando si son admisibles y/o severos, mediante el uso de Herramientas tales como, Análisis de Criticidad, AMEF y Diagrama de decisión. Permitiendo la atención de fallas con un criterio técnico. (Matoma, s. f.),

Desde nuestro punto de vista el proyecto fue trabajado en un modelo de confiabilidad y que si se pudo llegar a ejecutar fue una gran alternativa de mejora para la compañía Luker, ya que

con la implementación de planes de mantenimiento tenemos un mejor control de las actividades, repuestos, ciclos de vida, tiempos entre falla y así garantizamos una mayor disponibilidad de los equipos.

5.1.1.2. Propuesta para la implementación de un Plan de Mantenimiento Autónomo
Caso de estudio: Línea de Clavo Prensado Emcoclavos S.A.S. Universidad Ecci Sede Bogotá,
Liliana Alfonso, Cristian Bocanegra, Edwin Salazar, 2018

La organización cuenta con un sistema de mantenimiento programado bastante estructurado, el cual se ha ido implementando gradualmente a través de los últimos años, sin embargo, aún existen algunos vacíos y aspectos por mejorar; por ejemplo, la falta de rutinas de limpieza, inspección y lubricación que originan desajustes, tiempos perdidos y defectos de calidad que se pueden reducir si se detectan a tiempo. El personal operativo es altamente experimentado, competitivo y maneja mucho lenguaje técnico. Realizan ajustes de calidad del producto y garantizan que cumpla con las especificaciones solicitadas, sin embargo, se presentan algunas paradas de máquina no programadas que afectan la eficiencia global de la planta. La mayoría de los equipos, repuestos y herramientas son diseñados y fabricados por la misma empresa. Las máquinas requieren algunos ajustes especiales para que trabajen eficazmente. Los técnicos de mantenimiento ocupan mucho de su tiempo realizando actividades correctivas y no dedican un espacio al análisis de causa raíz de las averías y/o a realizar proyectos de mejora. (Alfonso, 2018)

Esta tesis fue desarrollada debido a la problemática que se estaba presentando en la compañía que, por las fallas frecuentes, paradas de máquinas no planeadas se estaba ocasionando baja productividad y algunos problemas de calidad en unos productos, eso por lo que los integrantes de este equipo propusieron la implementación de un plan de mantenimiento autónomo basado en la metodología del TPM.

5.1.1.3. Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para una Caldera Vr de 700 BHP en la Compañía Proteicol, Universidad Ecci Sede Bogotá, Laura V Murcia, Cesar D cantor.2021

Hoy en día, hacer un buen plan de mantenimiento preventivo es importante para cualquier tipo de empresa o compañía, ya que con este plan se garantiza que el equipo funcione adecuadamente y que preste la mejor disponibilidad para ser utilizado. El mantenimiento preventivo se puede basar en ajustes, análisis, verificaciones, inspecciones, limpieza etc. en el cual se realiza de forma planificada para evitar fallas en algún sistema, así mismo es un arma importante en la seguridad laboral ya que uno de los porcentajes más altos de accidentes es causados por defectos en estos. El orden, la limpieza y la iluminación también hacen parte de un adecuado mantenimiento. En el presente trabajo se planteará un plan de mantenimiento preventivo en la compañía Proteicol ubicada en el kilómetro 14 vía Bogotá – Silvania con el fin de alargar la vida útil del equipo, también aumentar su confiabilidad y disponibilidad tomando en cuenta sus condiciones.(Rondón, s. f.)

5.1.1.4. Propuesta de un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo (caso estudio metodología 8 pasos). Universidad Ecci, sede Bogotá. Jeyson Gordillo (Chacón, s. f.).2021.

El presente trabajo se concibe con la finalidad de desarrollar una metodología de mantenimiento aplicable a cualquier organización tomando como base la mejora continua del sistema mediante la constante evaluación de los activos de la empresa. Para llevar a cabo el mantenimiento de 8 pasos se desarrolló un formato de recolección y evaluación de datos por cada una de las ocho etapas que componen la metodología, garantizando la correcta implementación de cada una de las etapas en el diagnóstico de la organización y sus activos Finalmente, y con el fin de dar un ejemplo de implementación del sistema se llevó a cabo el análisis de la empresa Mundial de Montacargas SAS, en el cual se evaluó el mantenimiento de 44 activos con los que cuenta la organización, definiendo planes de mantenimiento de tipo preventivo con el fin de evitar fallos de producción junto a otras variables que se muestran a lo largo del documento

De acuerdo con lo investigado sobre este trabajo podemos determinar que una metodología de mantenimiento bien aplicada a los activos de una compañía será la base de una mejora sustancial para garantizar una buena disponibilidad de los equipos, evitando paradas no programadas y alargando la vida útil de los activos.

5.1.2. Estado del arte Nacional.

5.1.2.1. Implementación de plan piloto de TPM en una industria de cerámica. Universidad EAFIT escuela de ingeniería sede Medellín. Diego Luis Pinto Lopez, Juan Fernando Mesa Velasquez. 2008.(López, 2008).

Este proyecto tiene dos motivaciones principales: realizar la implementación de un plan piloto del TPM en la zona de prensa en la industria cerámica; ya que verificando y evaluando su ejecución, y siguiendo el cronograma de actividades que se planearon para la implementación de este en la empresa, se llevará a cabo la aplicación de los cuatro primeros pilares del TPM (mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado, educación y entrenamiento), como también analizar los resultados obtenidos en las actividades ejecutadas de dicho plan piloto. Todo esto tiene como finalidad ver y evidenciar la efectividad del TPM en las industrias y mejorar en especial la ejecución de éste en la empresa. Hoy en día la industria cerámica es una empresa que se encuentra bien posicionada en el mercado local, nacional e internacional. Todo esto se ha logrado por medio del trabajo duro de todos sus empleados; sin embargo, este trabajo duro se puede mejorar haciendo una buena ejecución del TPM en esta empresa. Al final del proyecto se tendrá la información suficiente para sustentar la veracidad de las teorías del TPM en una de las industrias nacionales, todo esto respaldado con los datos e información que se logre recoger y analizar en el transcurso del proyecto en la industria cerámica. (López, 2008)

El mantenimiento total productivo TPM es una estrategia de mantenimiento el cual define que todos los empleados de la compañía deben aportar al mantenimiento diario de los equipos, desde nuestro punto de vista fue una estrategia acertada ya que como lo expresan la industria de la cerámica se encuentra bien posicionada, pero gracias al trabajo duro de sus colaboradores quienes son los que realizan las mejoras, los mantenimientos, etc.

5.1.2.2. Propuestas de mejora bajo la filosofía TPM para la empresa cummins de los andes s. a. corporación universitaria lasallista caldas Antioquia. Yeiny Jimenez Ruiz, 2012.(Ruiz, s. f.)

El trabajo de grado está orientado a la elaboración de propuestas de mejora basados en la filosofía TPM para la empresa Cummins de los Andes. Estas propuestas tienen por objetivo garantizar el aprovechamiento del tiempo y de los recursos necesarios para la prestación del servicio de reparación de motores, los cuales ayudaran a incrementar su productividad. A partir de la descripción de los conceptos y herramientas que contempla esta filosofía, se formula un plan de propuestas que va a permitir aplicar este modelo al desarrollo de los procesos diarios de la empresa, contribuyendo así a un mejor ambiente laboral y organizacional.

La autora de esta propuesta se basó en la filosofía TPM ya que, al contar con un buen proceso de mantenimiento, realizando el seguimiento adecuado e implementando las buenas prácticas de esta filosofía se puede disminuir el tiempo de ejecución, optimizar recursos e incrementar la productividad.

5.1.2.3. Diseño del plan de mantenimiento preventivo enfocado a TPM para la compañía de montajes diseño y construcción c.m.d SAS. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia Seccional Duitama. Silverio Jaime Estupiñan, 2017.(Estupiñan, s. f.).

Se entiende por Mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo. El presente trabajo describe el diseño y la elaboración del plan de mantenimiento preventivo con un enfoque hacia la filosofía (TPM), por ser una herramienta de inclusión, que mejora la participación de todo el personal de la Compañía de Montajes Diseño y Construcción CMD SAS. El diseño del plan de mantenimiento está dirigido a garantizar la mantenibilidad y disponibilidad de todos los equipos de área productiva de la empresa de una manera eficiente y segura, esto con el fin de mejorar el sistema productivo de la compañía y contribuir al cumplimiento de sus políticas de calidad. En primer lugar, se realizó el diagnóstico de la función

del mantenimiento en CMD SAS, describiendo las fortalezas y debilidades encontradas, así como la opinión de la organización y el inventario de los activos. Posteriormente se elaboró el modelo para la gestión del mantenimiento partiendo desde el estudio de la codificación de los activos, seguido de un análisis de criticidad y se usó el indicador de la OEE para algunos de los equipos que interviene en un proceso específico de la compañía; una vez recopilada buena parte de la documentación se procedió a diseñar el sistema documental para soportar el plan propuesto, incorporando las principales herramientas del TPM, a través de una serie de actividades encaminadas a mejorar el ambiente laboral ,en un proceso de retroalimentación con toda la organización CMD SAS. Finalmente se procesó y ordeno toda la información de manera controlada en una base de datos para su posterior uso y se capacito al personal sobre el plan de mantenimiento en aras de su futura implementación. Al final del documento se sintetizan las conclusiones a las que se llegó después del trabajo propuesto y se realizan las sugerencias a que diera lugar, además se establecen los logros que se alcanzaron con el desarrollo del proyecto que permiten medir la importancia y los beneficios logrados en términos generales; permitiendo de este modo contribuir al desarrollo de la región a través de proyectos que generen impacto positivo en las empresas del sector.

5.1.2.4. Estudio De La Implementación Del Mantenimiento Productivo Total (Tpm) Basado En El Pilar De Mantenimiento Planificado En La Empresa Syngenta Para Mejorar La Gestion Del Mantenimiento. universidad tecnológica de bolívar facultad de ingeniería mecánica Cartagena de indias, D.T. y C, Cristina Camargo Flórez, Mayerling Wong Aguirre, 2017. (ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO.pdf, s. f.)

En este trabajo hemos enfocado la implementación del TPM, en el pilar de mantenimiento planificado en la empresa Syngenta el cual lo aplicaremos en los seis pasos siguientes:

- Identificar el punto de partida del estado de los equipos
- Eliminar deterioro del equipo y mejorarlo
- Mejorar el sistema de información para la gestión

- Mejorar el sistema de mantenimiento periódico
- Desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo
- Desarrollo superior del sistema mantenimiento.

5.1.3. Estado del Arte Internacional

5.1.3.1. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado ubicado en la ciudad de Santa. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Boris Andrés Alarcón Quiñonez, Denis Melissa (Quiñonez & Andrés, s. f.). 2020.

El presente proyecto tiene como objetivo optimizar los procesos de mantenimiento preventivo de los equipos productivos de la Empresa Nutrifishing S.A., (Empresa Productora y Comercializadora de Harina y Aceite de Pescado). Nutrifishing S.A. es una empresa con una trayectoria de más de 7 años en el proceso de industrialización de harina y aceite de pescado para exportación y consumo nacional, a lo largo de su trayectoria ha efectuado cambios en su infraestructura debido al incremento de la demanda a través de los años. Metodológicamente, el estudio estará orientado a analizar la situación actual de la planta, para conocer su proceso productivo y específicamente enfatizar en las fases de mayor relevancia y los equipos involucrados a considerar como críticos; para de esta manera realizar un plan de mantenimiento de estos. Encabezando como contenido inicial el mantenimiento recomendado por las especificaciones técnicas de los fabricantes, así como de los técnicos internos y/o externos de la empresa para así evaluar el detalle oportuno de cada equipo y la frecuencia de los diversos mantenimientos preventivos establecidos. Por consiguiente, como resultado de este plan de mantenimiento preventivo propuesto, se espera que la empresa reduzca el porcentaje de mantenimiento correctivo, pues significa retrasos en la producción, alteraciones en la calidad del producto final y daños considerables en los equipos afectados, además de la pérdida de tiempo por la llegada de los repuestos para su reparación. Adicionalmente se planteará una estructura organizacional en el

departamento de mantenimiento para dar soporte y respuestas a los mantenimientos requeridos. (Quiñonez & Andrés, s. f.)

Con respecto a esta tesis internacional podemos llegar a la conclusión que su objetivo era optimizar un proceso de mantenimiento ya que debido al incremento de la demanda tuvieron que realizar planes de mantenimiento con base a la información de los fabricantes, técnicos que operan los equipos y así determinar la estrategia correcta para evitar mantenimientos correctivos y evitar retrasos en la producción.

5.1.3.2. Propuesta de un Modelo de Mejora Continua de los procesos en el Laboratorio PROTAL – ESPOL, basado en la integración de un Sistema ISO/IEC 17025:2005 con un Sistema ISO 9001:2008 en el Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil. Brenda Cisneros Terán, Wendy Ruíz (Cisneros & Ruiz, s. f.). 2012

La investigación para plantear un Modelo de Mejora Continua en el Laboratorio de Análisis de Alimentos PROTAL-ESPOL inicia en febrero del 2011 con una etapa diagnóstica para la cual se considera la utilización de una lista de verificación integrada con la Norma ISO 9001 y la ISO 17025, y una reunión general con todo el personal del laboratorio, aplicando la tormenta de ideas, para posteriormente proceder a su clasificación conforme la temática correspondiente. Una vez determinadas las ideas principales, y tener la evidencia de las falencias del sistema de gestión con las herramientas antes mencionadas, se conforma un equipo de trabajo con una representación de todas las áreas implicadas, al cual se le encarga apoyar todas las actividades a desarrollarse en torno a la investigación, y constituyen el soporte para la organización y coordinación e las tareas necesarias para llevar adelante el estudio. El equipo de trabajo tenía entre sus responsabilidades agrupar e integrar los resultados de la tormenta de ideas y estructurar las encuestas necesarias para profundizar cada una de las temáticas a estudiar, lo cual nos lleva junto a los resultados obtenidos a través de la lista de verificación a la recopilación de la información necesaria del manejo del sistema de gestión de la calidad dentro del laboratorio, y su procesamiento nos permite diagnosticar en primera instancia las necesidades de mejora. Posterior a la obtención de los datos se estudia las causales de la problemática planteada en las encuestas y se evalúa su impacto dentro del cumplimiento exigido por el sistema de gestión y del proceso de aseguramiento de la calidad, para ello se vale de herramientas estadísticas y diagramas. Los resultados de las encuestas son

procesados en base a una escala relacionada con porcentajes, es decir a cada pregunta le es asignado un valor numérico y se elabora un

XVII tabla por encuesta lo cual es luego especificado gráficamente por diagramas que muestra en forma porcentual la incidencia de cada una de las variables estudiadas y una evaluación general del estado de cumplimiento del sistema de gestión. Una vez realizada la evaluación frente a las causales, ya es posible elaborar el planteamiento que recoge los principales puntos de vigilancia y el procedimiento a implementar para lograr una adecuada definición de los procesos y los pasos para la obtención de la eficacia y eficiencia de los procesos preestablecidos para el sistema de gestión. Finalmente se establecen el modelo de mejora continua a aplicarse, que contempla el mapa de procesos y registros necesarios para su ejecución, las hojas de análisis de procesos y su medición y los formatos requeridos para el manejo de la información, su periodicidad. (Cisneros & Ruiz, s. f.)

Desde nuestro punto de vista fue un proyecto el cual cobijo varias áreas de la compañía, fue una implementación robusta la cual requería que cada uno de los implicados realizara su tarea para así llegar a una misma conclusión, la cual se evidencio en el modelo de mejora continua que fue seleccionado.

5.1.3.3. Análisis de los sistemas de mejora continúa en las empresas a través del metaanálisis. Tecnológico nacional de México. Celaya. Cristina (Análisis de los sistemas de mejora continua en las empresas.pdf, s. f.). 2019.

El presente trabajo pretende analizar los sistemas de mejora continua en diferentes organizaciones; se trata de conocer las características con las que cuentan y qué tan eficientes son los sistemas de mejora implementados por las organizaciones. El objetivo general es investigar los sistemas de mejora continua de la calidad para conocer las metodologías implementadas y ser apoyo a propuestas de modelos de mejora continua. Tomando como base la información obtenida de fuente de consulta sabemos que los sistemas de mejora surgen de la necesidad de satisfacción del cliente y la productividad de una organización, del cual se encarga el departamento de calidad, por lo que la investigación está enfocada en dicha área. La metodología por implementar para

realizar el estudio comprende de revisar la literatura, conceptos teóricos relacionados con los sistemas de mejora continua, definir los estudios a analizar. Como parte culminante de la indagación se realizará una meta-análisis para representar de forma gráfica y descriptiva los resultados; y por último describir las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron a través del desarrollo de la investigación. (*Análisis de los sistemas de mejora continua en las empresas.pdf*, s. f.)

De acuerdo con lo leído sobre este proyecto analizamos que fue un trabajo encaminado a analizar los diferentes sistemas de mejora continua que se han implementado en diferentes organizaciones y determinando que tan eficiente han sido.

Como bien sabemos este tipo de metodología surge por diferentes necesidades de las compañías quienes son las directamente beneficiadas de este tipo de proyectos, es por eso por lo que una investigación como la que se realizó siempre va a ser muy importante al momento de tomar una decisión sobre el futuro del mantenimiento dentro de una empresa.

5.1.3.4 Propuesta De Implementación De Mantenimiento Productivo Total (TPM) En El Área De Extracción De Jugo Trapiche Para Medir El Impacto De La Productividad De La Agroindustria Pomalca Saa, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo escuela de postgrado, Chiclayo Perú, Lucio Antonio Llontop , 2018

El presente trabajo tiene como propósito proponer la implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la agroindustria Pomalca SAA, en el presente estudio se enfoca en la situación actual de la compañía mediante un análisis para determinar cómo está realizando y de que forma el mantenimiento puede causar la disminución en el proceso de extracción de jugo de caña, dando origen a pérdidas económicas en la productividad. Por tal motivo se plantearon objetivos como realizar un diagnóstico basado en la identificación de las pérdidas ocasionadas en el área de extracción de jugo de caña, calcular la efectividad global de los equipos en el área de

extracción de jugo de caña, proponer la implementación del mantenimiento total productivo apoyado con el mantenimiento autónomo y realizar un análisis costo beneficio de la propuesta para disminuir las pérdidas de la productividad. La propuesta estará basada en el análisis previo mediante la eficiencia global de los equipos y como mejorarla para poder incrementar las paradas con la mejora en el mantenimiento. Una vez identificado la OEE de los equipos, un correcto mantenimiento, para una molienda de 252 138,24 t de caña se obtuvo 28 540,65 t de azúcar, con la mejora se va a llegar a 29 093,4 t de azúcar, recuperando 552,72 t de azúcar(TM_LlontopMendozaLucio.pdf, s. f.)

5.2. Marco Teórico

5.2.1. Investigación Nacional.

5.2.1.1. Conceptos Sobre Mantenimiento Preventivo.

Las definiciones sobre Mantenimiento Preventivo son bastantes, pero todas ellas se basan en la intervención del equipo antes de que se presente la avería o falla (García Palencia, 2006).

El Mantenimiento Preventivo como puede definir: El conjunto de actividades programadas a los activos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar la operación de manera eficiente y segura, con la que se busca prevenir las fallas y paros imprevistos de los activos (García Palencia, 2006).

El programa de Mantenimiento Preventivo incluye dos actividades básicas:

- Inspección periódica de los equipos de planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción.
- Conservación de los activos para eliminar dichos aspectos, adaptarlos o repararlos cuando se encuentren en malas condiciones.

El mantenimiento preventivo es también visto como un sinónimo de mantenimiento planeado, mantenimiento programado o mantenimiento dirigido; el mantenimiento preventivo es una parte importante de todas estas funciones.

Es necesario un conocimiento a fondo de lo que conforma el sistema, su metodología y su forma de administración, con miras a obtener el verdadero objetivo del mantenimiento preventivo de lograr un menor costo de producción de un producto de buena calidad.

Los beneficios del mantenimiento preventivo no se obtienen de forma rápida, ya que el cambio de sistema produce traumas y problemas que deben ser resueltos en la primera fase.

El principal problema que se presenta al implementar un sistema de mantenimiento preventivo es el aumento de los costos de mantenimiento general, ya que en las primeras inspecciones se encuentra un gran número de fallas que deben ser corregidas, debido al alto deterioro de los equipos que tradicionalmente han sido manejados con base en un mantenimiento correctivo (García Palencia, 2006).

La primera recomendación es que antes de implementar un sistema de mantenimiento preventivo, los equipos deben estar en óptimas condiciones de funcionamiento, lo que genera una alta inversión en reparaciones y el plazo para la implementación de este sistema es de dos a tres años.

Si se realiza en menos tiempo puede generar deficiencias, es por esto por lo que todos los involucrados deben estar informados de las posibles dificultades que se puedan presentar para que apoyen de la mejor manera la implementación para lograr los éxitos esperados del programa.

El implementar el mantenimiento preventivo se debe tener un cambio de mentalidad, la buena disposición para realizarlo y el conocimiento del beneficio que aportará a la empresa.

Para la implantación de un sistema de mantenimiento preventivo se requiere de ciertas bases, donde la más importante es la participación de todas las áreas involucradas; el éxito de un programa se basa en vender la idea del sistema de mantenimiento preventivo a cada uno de los integrantes de la empresa, gerencia, directivos de producción, facilitadores de mantenimiento y técnicos encargados de la ejecución del mantenimiento, es necesario un conocimiento de todas las partes que conforman el sistema, su metodología y su forma de administración, con miras a obtener el verdadero objetivo del mantenimiento preventivo para lograr un menor costo de producción y la obtención de un producto de buena calidad.

Una vez que se hagan los programas de inspección y la lista de tareas a realizar, estas se deben ejecutar periódicamente puesto que el desarrollo mismo del programa va dando las pautas para las correcciones a que haya lugar. Es conveniente, también, que una vez implantado el programa sea manejado con suma honestidad, es decir que los trabajos programados sean realizados a conciencia y que los informes se ajusten lo más exactamente posible a las labores desarrolladas (García Palencia, 2006).

5.2.1.1.2 Clasificación del Mantenimiento Preventivo.

El Mantenimiento Preventivo desde el punto de vista del tiempo y forma de realización se puede clasificar en cuatro tipos claramente delimitados:

5.2.1.1.2.1 Mantenimiento Preventivo Planeado.

Se denomina así, solamente a las actividades preventivas que se realizan en los equipos como consecuencia de un convenio preestablecido entre proveedor-consumidor, para satisfacer las condiciones de la garantía y lograr la mayor economía en las reparaciones futuras, y costo de las piezas de recambio.

5.2.1.1.2.2 Ventajas del Mantenimiento Preventivo.

Un buen programa y aplicación del mantenimiento preventivo, producirá beneficios que sobrepasan los costos.

Entre las múltiples ventajas del mantenimiento Preventivo, las más importantes son las siguientes:

- Reducción de las paradas imprevistas de los equipos, disminuye el tiempo ocioso, en relación con todo lo que se refiere a economías y beneficios para la empresa.

- Menor necesidad de reparación en gran escala y menor número de reparaciones repetitivas, por lo tanto, menor acumulación de la fuerza de trabajo de mantenimiento y equipo.
- Menor necesidad del equipo en operación, reduciendo con ello la inversión de capital.
- Cambio del mantenimiento deficiente de - paros imprevistos - a mantenimiento programado que siempre es menos costoso, con el cual se logra mejor control del personal, materiales y equipos.
- Disminuye los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento originados por las reparaciones imprevistas.
- Disminuye los costos de reparaciones de los desperfectos sencillos, realizados antes de los paros imprevistos, debidos a la menor fuerza de trabajo, o a las pocas técnicas empleadas y a la menor cantidad de partes que se necesitan para los paros planeados.
- Reducción de los costos de mantenimiento, de mano de obra y materiales, para las partidas de activos que se encuentran en el programa.
- Mejor control de refacciones, lo cual conduce a tener un inventario menos costoso.
- Aplazamiento o eliminación de los desembolsos por reemplazo prematuro de planta o equipo, debido a la mejor conservación de los activos e incremento de su vida útil probable.
- Menor número de productos rechazados, menos desperdicios, mejor control de calidad, debido a la correcta adaptación del equipo.
- Menor costo unitario, al aumentar el tiempo útil de producción.
- Mayor seguridad para operarios y maquinaria.
- Facilita el control sistematizado de la programación.
- Es fuente incalculada de valiosos datos estadísticos.

5.2.1.2.2.3 Programas de Mantenimiento Preventivo.

Tipos de Programas.

En cada industria dependiendo del tipo de actividades o proceso productivo, es posible establecer un programa diferente de Mantenimiento Preventivo.

El Mantenimiento Preventivo varía de acuerdo con el tipo de fábrica, plantas dentro de una misma industria, proceso, equipos, sistemas de operación, localización, etc. Las variables que influyen en cada programa son múltiples e interconectadas, un plan de mantenimiento preventivo será siempre activo y cambiante con las experiencias adquiridas.

Los principales tipos de programas de Mantenimiento Preventivo de aplicación industrial se pueden agrupar en tres:

- Mantenimiento Preventivo Periódico Permanente. Programa realizado de acuerdo con un orden lógico de actividades de mantenimiento según recomendaciones del fabricante.
- Mantenimiento Preventivo Periódico Productivo. Programa elaborado en un 100% de acuerdo con las necesidades productivas, se realiza después de elaborar los programas de producción.
- Mantenimiento Preventivo Periódico por Overhaul. Programa aplicable en las paradas generales de fábricas o empresas que suspenden totalmente las actividades productivas durante una o dos veces al año.

5.2.2. Investigación Internacional.

5.2.2.1. Conceptos y características del TPM.

Referirnos al TPM (Mantenimiento Productivo Total) es hacer referencia a la actividad que consiste en la revisión parcial de forma planificada. Durante estos procesos se ejecutan diferentes cambios, situaciones, lubricaciones entre otras tantas actividades; por supuesto, en un período anterior a que aparezcan las fallas.

Estas formas planificadas requieren de una programación que se estipula periódicamente, siempre teniendo en cuenta las recomendaciones técnicas de los fabricantes y el historial de las averías que pudiesen tener los equipos.

5.2.2.1.1 ¿Qué es el TPM?

El TPM es una de las metodologías del Lean Manufacturing para la mejora, el cual permite asegurarnos la disponibilidad y la confiabilidad de las operaciones, sistema y equipos que estén previstas. Esto se produce gracias a la aplicación de los conceptos de prevención y participación del personal con el objetivo de alcanzar la nulidad de los defectos y accidentes.

5.2.2.1.2. ¿Cuáles son las ventajas de utilizar la metodología TPM?

El TPM prioriza sus objetivos a la eficiencia de los equipos y de las operaciones mediante las reducciones de las no conformidades, fallas y tiempos de cambio.

Además, en estas actividades se ven involucrados el personal de producción, con el fin de potenciar el mantenimiento y un entorno adecuado que son perentorios para la eficiencia del sistema.

Por su parte el TPM, también brinda las siguientes ventajas:

- Mejoras de la calidad: Cuando se cuenta con equipos en buen estado las unidades no conformes se reducen drásticamente.
- Se aprovecha el recurso humano.
- Reducción de gastos de mantenimiento por corrección: Los desperfectos son menores y las compras de urgencia comienzan a tener una significativa merma.
- Mejoras en la productividad: Se obtiene un mayor tiempo de disponibilidad
- Reducción de costos operativos.

Flujos continuos de producción: Al contar con una continuidad del sistema, la compañía se verá beneficiada en cuanto a la disponibilidad de los tiempos de los recursos, como así también se logra una previsibilidad en cuanto a la planeación.

No es menor destacar que los equipos tienen un desgaste natural del tiempo como así también un desgaste forzoso. Las actividades del TPM, sin embargo, logran eliminar todos los causales por desgastes forzosos que se podrían suceder: ¿De qué forma? Aumentando los cuidados de las instalaciones y el equipamiento.

5.2.2.1.3. ¿Cuáles son los pilares de la metodología del TPM?

El mantenimiento productivo total ha logrado sus tan preciados fundamentos sobre seis pilares que son indispensables:

- Mantenimiento autónomo
- Mejoras enfocadas
- Educación y entrenamiento
- Mantenimiento planificado
- Seguridad para el medioambiente
- Mantenimiento de calidad

La dinámica empresarial y la vorágine de los tiempos modernos han llevado a considerar a la excelencia Administrativa y a la gestión temprana, como otros de los pilares indispensables del TPM.

5.2.2.1.4. ¿Cuándo se debe implementar el TPM?

El TPM se debe utilizar en los casos que los requerimientos de la organización estén enfocados en tener plantas, pero a su vez equipos de instalaciones confiables, continuas y a su vez seguros.

Los beneficios que proporciona el TPM son tan variados que sus herramientas están asociadas a cualquier tipo de empresas. Mientras que su metodología es recomendada para cualquier tipo de organización que cuente con un compromiso directivo que tenga la disposición de atacar a la cultura de la organización.

La técnica aplicada que provee el Lean Manufacturing, es una de las que más ha crecido en los últimos años. Su capacidad de gestión administrativa ha revolucionado las áreas productivas.

5.2.3 Tipos de mantenimientos.

5.2.3.1. *Mantenimiento correctivo.*

El mantenimiento correctivo se lleva a cabo inmediatamente después de que se haya detectado un defecto en un equipo o en una línea de producción: su objetivo es hacer que el equipo vuelva a funcionar normalmente, para que pueda realizar su función asignada con la mayor celeridad posible.

En realidad, el mantenimiento correctivo puede planificarse o no, dependiendo de si se ha creado o no un plan de mantenimiento.

Los técnicos aplican un mantenimiento correctivo no planificado para reaccionar tan pronto como no se pueda anticipar un fallo con los procesos de mantenimiento preventivo que se han detectado

5.2.3.2. *Mantenimiento predictivo.*

El objetivo del mantenimiento predictivo es, en primer lugar, predecir cuándo puede producirse una avería en el equipo y, en segundo lugar, evitar que se produzca la avería mediante la realización del mantenimiento. El monitoreo de futuros fallos permite planificar el mantenimiento antes de que se produzca la avería.

Los equipos de monitoreo para evaluar el rendimiento y el estado de una máquina en tiempo real utilizando tecnologías que incluyen el análisis de vibraciones, análisis de aceite y fluidos, análisis de ruidos, termografías y visualización de equipos.

En el mejor de los casos, el mantenimiento predictivo permite que la frecuencia de mantenimiento sea lo más baja posible para prevenir el mantenimiento correctivo no planificado, sin incurrir en costos asociados al realizar demasiado mantenimiento preventivo.

5.2.3.3. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo se aplica por los técnicos y jefes de mantenimiento antes de que se produzca cualquier avería o fallo. Su objetivo es reducir la probabilidad de avería o degradación de un equipo, componente o pieza de repuesto.

Para poder implementar este tipo de mantenimiento, los equipos deben tener en cuenta el historial de la pieza y hacer un seguimiento de las fallas del pasado. Por lo tanto, pueden identificar los intervalos de tiempo durante los cuales un equipo podría averiarse

5.2.3.4. Mantenimiento productivo total.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema de gestión en plantas manufactureras creado en Japón, pero extendido a todos los rincones del planeta, que crea un enfoque de colaboración entre todas las partes interesadas dentro de una empresa -especialmente entre los operarios y los técnicos de mantenimiento- en un esfuerzo por lograr eficiencia en la producción, operaciones ininterrumpidas y asegurar una respuesta de mantenimiento rápida y proactiva para prevenir problemas específicos en los equipos.

5.3. Marco Legal

A continuación, se relaciona la normatividad legal aplicable para el soporte de la propuesta de implementación.

5.3.1. Norma ISO 9001

La adopción de un sistema de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas del desarrollo sostenible. (*NORMA ISO 9001 2015.pdf*, s. f.)

5.3.2. Norma ISO 55000

La norma ISO 55000 en su numeral 2.5.3.7 indica:” La organización deberá evaluar el desempeño de sus activos, de la gestión de los activos y de su sistema de gestión de activos. Las mejoras del desempeño pueden ser directas o indirectas, financieras o no financieras:”. (Instituto de Normas Técnicas ICONTEC, 2015).

5.3.3. Norma ISO 55001

La norma ISO 55001, en el capítulo 9 numeral 9.1 indica: “Seguimiento, medición, análisis y evaluación: la organización debe determinar:

- a) Lo que se necesita monitorear y medir.
- b) Los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación, según sea aplicable, para asegurar la validez de los resultados.
- c) El momento en el que se debe realizar el seguimiento y la medición.
- d) El momento el que se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

La organización debe evaluar:

- El desempeño de activos
- El desempeño de la gestión de activo, incluyendo el desempeño contable y extracontable;
- La eficiencia del sistema de gestión de activos.

La organización debe evaluar e informar sobre la eficacia de los procesos para gestionar los riesgos y las oportunidades.

La organización debe conservar la información documentada adecuada como evidencia de los resultados del seguimiento, la medición, el análisis y la evaluación.”. (Instituto de Normas Técnicas ICONTEC, 2015).

5.3.4. Resolución 6982 de 2011

Por la cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire". Medición de gases de combustión CO, CO₂, O₂ según artículo 7 parágrafo 4.

5.3.5. Decreto 1521 del 1998

Por el cual se reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, para estaciones de servicio.

5.3.6. Decreto 40405 del 2020

Por la cual se expide el reglamento técnico aplicable a las Estaciones de Servicio, Plantas de Abastecimiento, Instalaciones del Gran Consumidor con Instalación Fija y Tanques de Almacenamiento del consumidor final, que sean nuevos o existentes, que almacenen biocombustibles, crudos y/o combustibles líquidos derivados del petróleo, y sus mezclas de estos con biocombustibles, excepto GLP’.”

5.3.7. Decreto 40198 del 2022

La Resolución 40198 reemplaza en su integridad el anexo general del reglamento técnico, ajusta dicho reglamento a la realidad del país y da claridad y seguridad jurídica a los agentes de la cadena de combustibles en este sentido.

6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó en la empresa nacional de chocolates, fabricante y comercializadora de productos derivados del chocolate en la sede de Bogotá, para el caso de este estudio se tomó el proceso de la línea piloto Calderas Aceite Térmico y Vapor del área Servicios Industriales.

6.1 Tipo de Investigación.

Actualmente hay diferentes tipos de investigación las cuales se nombran a continuación con el fin de analizar detalladamente cual es la más acertada para el desarrollo de la propuesta de implementación.

TIPOS DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Histórica	Analiza eventos del pasado y busca involucrarlos con otros del presente.
Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
Correlacional	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
Explicativa	Da razones del por qué los fenómenos, analiza una unidad específica del universo.
Estudios de Caso	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única, compara los datos obtenidos en diferentes oportunidades o

	momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables que son dependiente sobre otras que son independientes.

TABLA 1: Guía metodológica para trabajos de grado, dirección de postgrados universidad ECCI, 2021.

FUENTE: Los investigadores

Una vez revisada y analizada la información anterior podemos definir que el tipo de investigación más adecuada es estudio de caso ya que se trata de un análisis de información recolectada dentro de la planta de producción de la Nacional de Chocolates, en los cuales se evidencia la gestión de mantenimiento que se está realizando actualmente.

7. DESARROLLO METODOLÓGICO

A continuación, y basados en la investigación realizada en la Compañía Nacional de Chocolates, los autores realizan el siguiente desarrollo de los objetivos:

7.1. Establecer la importancia de los equipos de la línea piloto de servicios industriales mediante la aplicación de la metodología Matriz de Criticidad para definir la calificación de los equipos.

Para el desarrollo del primer objetivo se debe verificar en el ERP (Programa de planeación de recursos empresariales) de la compañía que equipos se encuentran registrados, para clasificarlos entre equipos principales y sub-equipos, se le aplicará matriz de criticidad únicamente a los equipos principales, así como lo indica la metodología TPM en donde dice que la matriz se aplicara a los equipos principales y que los equipos secundarios se asociaron dentro del mismo análisis, la clasificación de los equipos se plantea realizar de la siguiente manera:

#	EQUIPO PRINCIPAL	SUB-EQUIPO
1	Red aceite Térmico	
2		Motobomba KSB 1
3		Motobomba KSB 2
4		Motobomba Sterling
5	Red Vapor	
6	Caldera aceite térmico 100BHP caltermica	
7		Motobomba 160BHP

8		Quemador Oilon GKP 140
9	Caldera Distral 60 BHP	
10		Quemador Oilon GKP 90
11	Caldera Dynaterm 100BHP	
12		Quemador Oilon GKP 140-2
13	Caldera Powermaster 100 BHP	
14		Quemador Oilon GKP 140-3
15		Motombomba 2 100BHP
16	Tablero caldera Powermaster 100BHP	
17	Tablero Caldera Distral 60BHP	
18	Tablero Caldera Dynaterm 100 BHP	
19	Tablero Caldera Caltermica100BHP	
20	Tablero Distribución Energía Calderas	
21	Tablero almacenamiento ACPM 1	
22	Tablero Expansión Termico 1	
23	Tablero Almacenamiento Aceite 1	

24 Tablero Almacenamiento Agua
Calderas

Tabla 2: Clasificación equipos principales y sub-equipos

Fuente: Los investigadores

Se plantea, que sean quince equipos principales y nueve sub-equipos, se determinó como principales a los equipos más relevantes y críticos para la operación.

Ahora que se conocen los equipos principales de la línea piloto se realiza el análisis de criticidad como herramienta del TPM Mantenimiento Productivo Total, al aplicar esta matriz se conocerán los riesgos potenciales que el activo puede ocasionar, también se establece la jerarquía de los equipos a través de su calificación y así enfocar los recursos del área de manera óptima y eficaz.

Se usará la herramienta que está establecida en la metodología de mejoramiento continuo TPM En el objetivo de la Compañía Nacional de Chocolates, y es la siguiente:

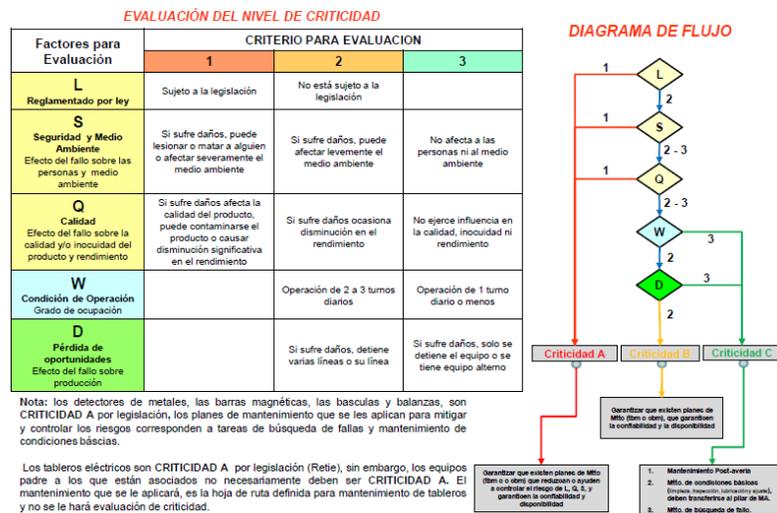


Figura 1: Matriz de Criticidad

Fuente: Oficina de Mejora Continua Compañía Nacional de Chocolates

En esta matriz de criticidad se establecieron Factores y Criterios de Evaluación, la forma de calificar es que se evalúa el activo en cada uno de los cinco factores y se sitúa en el criterio que se considere adecuado, para los tres primeros Factores la compañía estableció que si la calificación del factor es 1, este activo se califica directamente la criticidad en A, esto por el riesgo en temas Legales, Medio Ambientales, de Seguridad y que afecten la Calidad del Producto.

Una vez se califiquen los cinco factores y se determine la Criticidad, la matriz nos indica el tipo de mantenimiento que se le debe realizar al activo.

La compañía estableció que los tableros Eléctricos son criticidad A debido a que se rigen bajo normas nacionales y por sus riesgos a la operación e infraestructura en caso de fallo, a estos no se le aplica la matriz.

A continuación se explica cada factor de evaluación:

- **L – Reglamentado por Ley**

Este factor indica si el activo está sujeto o no a la legislación actual, sea nacional o internacional.

- **S – Seguridad y Medio Ambiente**

Si el activo sufre fallos que efecto tiene sobre las personas y el medio ambiente, con severidad fatal-severamente-levemente o sin afectación.

- **Q - Calidad**

Se evalúa si el activo falla que efecto tiene sobre la calidad e inocuidad del producto a nivel de contaminación de producto o disminución en el rendimiento de la producción, o si por el contrario no ejerce ninguna influencia en la calidad, inocuidad o rendimiento.

- **W – Condición de operación**

Este factor indica que grado de ocupación tiene el activo en uno, dos o tres turnos de operación.

- **D – Perdida de Oportunidades**

Si el activo falla se analiza que efecto tiene en la producción, si detiene varias líneas o su línea, o solo el propio activo o se tiene equipo de contingencia.

Ahora se explicará qué clase de mantenimiento se les aplicará a los tres tipos de criticidad en las que el activo puede quedar calificado:

- **Criticidad A**

Se debe garantizar que existan planes de mantenimiento CBM (mantenimiento basado en la condición) o TBM (mantenimiento basado en el tiempo), que reduzcan o ayuden a controlar el riesgo de Ley, Calidad y Seguridad y Medio Ambiente, con el fin de garantizar la confiabilidad y disponibilidad del equipo.

- **Criticidad B**

Se debe contar con planes de mantenimiento CBM (mantenimiento basado en la condición) o TBM (mantenimiento basado en el tiempo), con el fin de garantizar la confiabilidad y disponibilidad del equipo.

- **Criticidad C**

En esta calificación al activo se le puede aplicar un mantenimiento Post-avería, un mantenimiento de condiciones básica (LILA), o mantenimiento de búsqueda de fallos.

Después de tener el contexto de cómo funciona la matriz de criticidad, esta será aplicada a los diez equipos principales, con la aclaración que los tableros eléctricos son criticidad A esto lo definió la organización y no es necesario aplicar matriz de criticidad, a continuación, se mostrarán unos equipos con su calificación y el resumen de todos:

- Equipo Red De Aceite Térmico Código 10008290

 				
EXPLICACIÓN DE CRITICIDAD DEL EQUIPO, ACTIVIDADES Y FRECUENCIAS				
RED ACEITE (tubería, tanque de expansión, tanque de nivel y bomba)				
10008290				
EQUIPO	NOMBRE CODIGO	EXPLICACIÓN	ACTIVIDADES DE MITO.	FRECUENCIA
FACTORES DE EVALUACION	CRITICIDAD			
L	2	No está sujeto a la legislación	N/A	N/A
S	1	Si sufre daños puede lesionar a las personas y contaminar severamente al medio ambiente por fuga en la red de aceite	Inspección de tubería de red aceite	Mensual
Q	1	Si sufre daños afecta la calidad del producto y el rendimiento por fugas en la red	Aplica ítem S	Mensual
W	2	Operación de dos turnos diarios	Aplica ítem S	Mensual
D	2	Si sufre daños afecta varias líneas.	Aplica ítem S	Mensual
CRITICIDAD TIPO: A Fecha de creación: 01/09/2022 Fecha de actualización: 01/09/2022				
FTO-071 Fecha actualización: 11/10/2018				

Figura 2: Matriz de Criticidad Red de Aceite térmico

Fuente: Oficina de Mejora Continua Compañía Nacional de Chocolates

- Equipo Red de Vapor Código 10008430

 				
EXPLICACIÓN DE CRITICIDAD DEL EQUIPO, ACTIVIDADES Y FRECUENCIAS				
RED VAPOR				
10008430				
EQUIPO	NOMBRE CODIGO	EXPLICACIÓN	ACTIVIDADES DE MITO.	FRECUENCIA
FACTORES DE EVALUACION	CRITICIDAD			
L	2	No está sujeto a la legislación	N/A	N/A
S	1	Si sufre daños puede lesionar a las personas por fuga de vapor de agua	Inspección mensual de tubería de red vapor de agua	Mensual
Q	1	Si sufre daños puede causar disminución significativa en el rendimiento por fugas en la red	Aplica ítem S	Mensual
W	2	Operación de tres turnos diarios	Aplica ítem S	Mensual
			Mantenimiento anual tanque de condensados	Anual
D	2	Si sufre daños afecta varias líneas.	Aplica ítem S	Mensual
CRITICIDAD TIPO: A Fecha de creación: 10/09/2022 Fecha de actualización: 10/09/2022				
FTO-071 Fecha actualización: 10/03/2022				

Figura 3: Matriz de Criticidad Red de Vapor

Fuente: Oficina de Mejora Continua Compañía Nacional de Chocolates

- Equipo Caldera Aceite Térmico Caltermica 100 BHP Código 10054665

 Compañía Nacional de Chocolates 				
EXPLICACIÓN DE CRITICIDAD DEL EQUIPO, ACTIVIDADES Y FRECUENCIAS				
CALDERA ACEITE TÉRMICO 100BHP CALTERMICA				
10054665				
EQUIPO	NOMBRE CÓDIGO			
FACTORES DE EVALUACIÓN	CRITICIDAD	EXPLICACIÓN	ACTIVIDADES DE MITO.	FRECUENCIA
L	1	Esta sujeto a la legislación debido a la generación de gases de escape al medio ambiente. Programa de prevención de accidentes mayores Decreto 1347 SGSST Decreto 1072	Medición de gases de combustión CO, CO2, O2 chimenea (según norma resolución 6982-11 artículo 7 parágrafo 4)	Semestral
			Mantenimiento trimestral caldera	Trimestral
			Mantenimiento semestral caldera	Semestral
			Mantenimiento anual caldera	Anual
			Mantenimiento mecánico mensual	Mensual
S	1	Si sufre daños la caldera puede lesionar, matar a alguien o afectar severamente al medio ambiente por generación de fugas del sistema, por explosión o implosión, incendio y/o fuga de gases de escape.	Inspección de fugas	Mensual
			Validación metrológica de presión y temperatura	Semestral
			Inspección de chimenea y ductos	Anual
Q	2	Si sufre daños ocasiona disminución en el rendimiento porque se sale la temperatura de rango y se debe parar el proceso.	Incluido en el ítem L	Incluido en el ítem L
			Lista de chequeo diaria	Diaria
W	2	Operación de 2 turnos diarios	Incluidos en el ítem (L, S, Q)	Incluidos en el ítem (L, S, Q)
D	2	Si sufre daños detiene varias líneas	Incluidos en el ítem (L, S, Q)	Incluidos en el ítem (L, S, Q)
CRITICIDAD TIPO: A		Fecha de creación: 11/08/2022	Fecha de actualización: 11/08/2022	
				FTO-071 Fecha actualización: 11/02/2022

Figura 4: Matriz de Criticidad Caldera Caltermica 100BHP

Fuente: Oficina de Mejora Continua Compañía Nacional de Chocolates

- Equipo Caldera de Vapor Distral 100 BHP Código 1008429

 Compañía Nacional de Chocolates 				
EXPLICACIÓN DE CRITICIDAD DEL EQUIPO, ACTIVIDADES Y FRECUENCIAS				
CALDERA DISTRAL 60 BHP				
10008428				
EQUIPO	NOMBRE CÓDIGO			
FACTORES DE EVALUACIÓN	CRITICIDAD	EXPLICACIÓN	ACTIVIDADES DE MITO.	FRECUENCIA
L	1	Esta sujeto a la legislación debido a la generación de gases de escape al medio ambiente.	Medición de gases de combustión CO, CO2, O2 chimenea (según norma resolución 6982-11 artículo 7 parágrafo 4)	Semestral
			Mantenimiento trimestral caldera	Trimestral
			Mantenimiento semestral caldera	Semestral
			Mantenimiento anual caldera	Anual
			Mantenimiento mecánico mensual	Mensual
S	1	Si sufre daños la caldera puede lesionar, matar a alguien o afectar severamente al medio ambiente por generación de fugas del sistema, por explosión o implosión, incendio, fuga de gases de escape.	Inspección de fugas	Mensual
			Validación metrológica de presión y temperatura	Semestral
			Inspección de chimenea y ductos (verificar)	Mensual
Q	1	Puede causar disminución significativa en el rendimiento por baja temperatura en el sistema de vapor que afecta el calentamiento de equipos en planta.	Incluido en el ítem L	Incluido en el ítem L
			Lista de chequeo diaria	Diaria
W	2	Operación de tres turno diarios	Incluidos en el ítem (L, S, Q)	Incluidos en el ítem (L, S, Q)
D	2	Si sufre daños detiene varias líneas	Incluidos en el ítem (L, S, Q)	Incluidos en el ítem (L, S, Q)
CRITICIDAD TIPO: A		Fecha de creación: 28/06/2022	Fecha de actualización: 28/06/2022	
				FTO-071 Fecha actualización: 11/10/2018

Figura 5: Matriz de Criticidad Caldera Distral 100BHP

Fuente: Oficina de Mejora Continua Compañía Nacional de Chocolates

#	EQUIPO PRINCIPAL	SUB-EQUIPO	INDICADOR ABC
1	Red aceite termico		Criticidad a
2		Motobomba ksb 1	Criticidad b
3		Motobomba ksb 2	Criticidad b
4		Motobomba sterling	Criticidad b
5	Red vapor		Criticidad a
6	Caldera aceite termico 1oobhp caltermica		Criticidad a
7		Motobomba 160bhp	Criticidad b
8		Quemador oilon gkp 140	Criticidad a
9	Caldera distral 60 bhp		Criticidad a
10		Quemador oilon gkp 90	Criticidad a
11	Caldera dynaterm 100bhp		Criticidad a
12		Quemador oilon gkp 140-2	Criticidad a
13	Caldera powermaster 100 bhp		Criticidad a
14		Quemador oilon gkp 140-3	Criticidad a
15		Motobomba 2 100bhp	Criticidad b

16	Tablero caldera powermaster 100bhp	<u>Criticidad a</u>
17	Tablero caldera distral 60bhp	<u>Criticidad a</u>
18	Tablero caldera dynaterm 100 bhp	<u>Criticidad a</u>
19	Tablero caldera caltermica 100bhp	<u>Criticidad a</u>
20	Tablero distribución energía calderas	<u>Criticidad a</u>
21	Tablero almacenamiento acpm 1	<u>Criticidad a</u>
22	Tablero expansión termico 1	<u>Criticidad a</u>
23	Tablero almacenamiento aceite 1	<u>Criticidad a</u>
24	Tablero almacenamiento agua calderas	<u>Criticidad a</u>

Tabla 3: Resumen Equipos Padres y calificación de Criticidad

Fuente: Los Autores

En esta tabla resumen se observa la clasificación en equipos padres, equipos secundarios y la calificación realizada usando la herramienta matriz de criticidad, se observa casi en su totalidad equipos tipo A, acá se confirma la importancia de incluir estos equipos dentro de la metodología TPM Mantenimiento Productivo Total y asegurar la continuidad de la fábrica, además de soporte para solicitar los recursos presupuestales para tener equipos confiables y disponibles.

7.2. Construir los principios de funcionamiento de los equipos de la línea piloto para identificar las posibles causas que impiden dar la confiabilidad requerida de los equipos.

Las calderas son máquinas diseñadas para la generación de vapor a través de una transferencia de calor a presión constante, “también se puede definir una caldera, como un equipo que mantiene una presión en donde el calor que proviene de cualquier fuente de energía se transforma en energía utilizable en el intercambio del estado líquido a la fase gaseoso” (fuente de

información nacional de chocolates). Hay que tener en cuenta que las calderas no son intercambiadores de calor porque se produce un cambio en el estado líquido a vapor.

A continuación, se describe el principio de funcionamiento para el siguiente equipo:

7.2.1. Descripción y principio de funcionamiento Caldera de aceite térmico CALTERMICA 100BHP



Figura 6: Caldera de aceite térmico CALTERMICA 100BHP

Fuente: Compañía Nacional de Chocolates

La caldera de aceite térmico es una máquina que consisten en un cuerpo de intercambio por el que circula dicho fluido (aceite mobiltherm 605), el cual recibe la energía en forma de calor por medio del quemador. El quemador es dual, es decir que puede usar 2 combustibles, gas natural o ACPM.

Para este proceso se dispone en la zona de calderas de aceite térmico de un tanque de almacenamiento de aceite con una capacidad de 980 galones (406 galones de líquido y 574 en vacío), el cual suministra aceite al tanque de expansión y este a su vez a la motobomba la cual hace la descarga a la caldera de aceite térmico CALTERMICA de 100 BHP (al ser un recipiente sometido a altas temperaturas, está hecho de acero al carbono). Cuando se energiza la caldera, una motobomba especial para aceite térmico hace el envío hacia la caldera a una razón de 528 galones por minuto, almacenándose en la cámara de aceite de la caldera la cual tiene una capacidad de 149 galones donde se calienta el aceite hasta llegar a una temperatura de 250°C, así mismo se energiza el quemador el cual realiza la mezcla entre aire y combustible de 80% y 40% respectivamente.

El hogar alberga al quemador, por lo que el aire comburente allí producido ayuda a que se dé la combustión para producir la llama que calentará el aceite. Las calderas de aceite térmico que la empresa posee son de tipo cámara de aceite térmico, es decir que el aceite circula por el interior de los tubos y los humos de combustión por el exterior de estos. En este proceso de calentamiento del fluido caloportador, intervienen los siguientes tres mecanismos de transmisión de calor:

- Conducción: por contacto directo entre la llama y el cuerpo de la caldera que contiene el fluido caloportador.
- Radiación: desde la llama a las paredes del hogar donde tiene lugar la combustión.
- Convección: desde los gases calientes producidos en la combustión a las partes metálicas de la caldera.

Estos procesos de transmisión de calor permiten que el aceite térmico se caliente, para ser enviado a los tostadores 1, 2, 3, 4 y 5.

7.2.1.1. Diagrama de flujo de funcionamiento

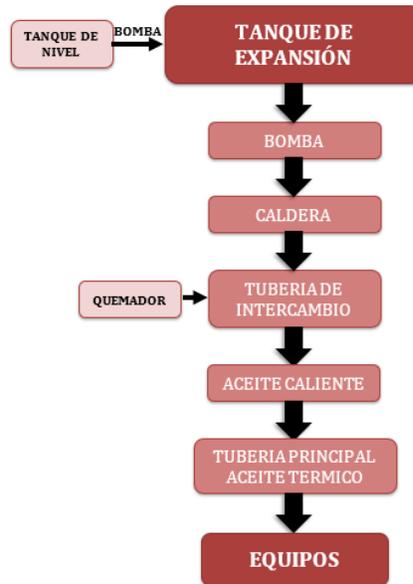


Figura 7: Diagrama de flujo de funcionamiento Caldera CALTERMICA 100BHP

Fuente: Los autores

7.2.1.1.2. Partes de la caldera CALTERMICA 100 BHP



Figura 8: Termostato - Manómetro de temperatura

Fuente: Los autores



Figura 9: Sensor de temperatura PT 100 #1 – Válvula de salida de Aceite Térmico

Fuente: Los autores



Figura 10: Válvula de entrada Aceite Térmico – Sensor de temperatura PT 100 #2

Fuente: Los autores

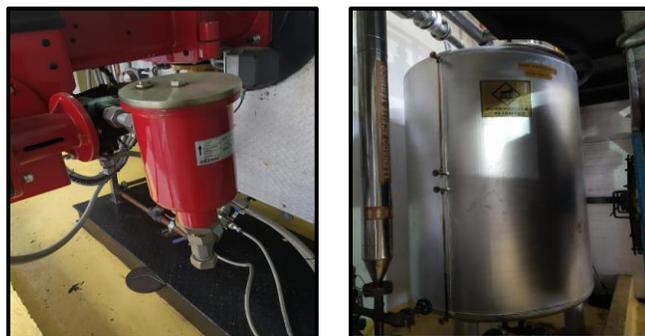


Figura 11: Filtro de ACPM – Tanque Almacenamiento Aceite

Fuente: Los autores



Figura 12: Tanque de Expansión – Chimenea salida de gases

Fuente: Los autores

Los elementos de seguridad y operación como su nombre lo indica, son aquellos que garantizan un correcto funcionamiento de la caldera, a continuación, la definición y función de cada elemento:

- Termostato (Fig. 10): Es un dispositivo encargado para que la temperatura de la caldera se mantenga dentro de los límites adecuados para su buen funcionamiento. Tiene un rango de 200-300 °C y abre el circuito a 270 °C.
- Sensor de temperatura PT100 (Fig. 11-12): es un sensor de temperatura que a 0 °C tiene 100 ohm y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. Este sensor PT100 es el corazón sensible a la temperatura de cualquier termómetro de resistencia. Tiene un rango de 0 a 400 °C y trabaja a 248 °C con un límite del tablero a 270 °C.
- Válvula de salida aceite térmico (Fig. 11): es la encargada de dar el paso de salida del aceite térmico hacia los equipos de tostion. (Válvula de cortina de 4" X 150)
- Válvula de entrada aceite térmico (Fig. 12): es la encargada de dar el paso de entrada del aceite térmico hacia el interior de la caldera. (Válvula de cortina de 4" X 150)
- Filtro de aceite (Fig. 13): Como su nombre lo indica está diseñado para retener partículas que llegase a contener el combustible ACPM. (Filtro metálico lavable)
- Tanque almacenamiento aceite térmico (Fig. 13): Es el encargado de almacenar el aceite térmico para mantener el nivel adecuado del tanque de expansión para su buen funcionamiento. Nivel mínimo 400 gal según el control visual.

- Tanque de expansión (Fig. 14): Es el encargado de eliminar burbujas de aire que puedan encontrarse en el sistema, además mantiene el nivel adecuado para el buen funcionamiento de la red de aceite térmico. No puede estar por debajo de una cuarta parte del tanque para que no se abra el circuito.
- Chimenea (Fig. 14): Es el conducto de salida de los gases y humos de la combustión hacia la atmósfera, los cuales deben ser evacuados a una altura suficiente para evitar perjuicios o molestias a la comunidad. Debe estar a una temperatura de 180-240 °C.

7.2.1.2. Quemador Oilon



Figura 13: Quemador Oilon finlandés

Fuente: Los autores

QUEMADOR	GKP-140 MH
Capacidad de aceite [MBTU/h]	1.5-8.89
Capacidad de gas [gal/h]	14.6-62.2
Motor del quemador 3~208-600 V, 60 Hz	
• Salida [hp]	5.5
• Corriente [A]	6.2
• Velocidad [rpm]	3510
Conexión manguera aceite	
• Succión	R ½"

• Retorno	R ½"
Bomba de aceite, motor 3~208~600V V, 60HZ	J7 1
• Salida [hp]	1.5
• Corriente [A]	3510
• Velocidad [rpm]	
Unidad de control	WD34
Peso [lb]	357

Tabla 4: Ficha Técnica quemador

Fuente: Los autores

7.2.1.3. Quemador Oilon Modo Gas

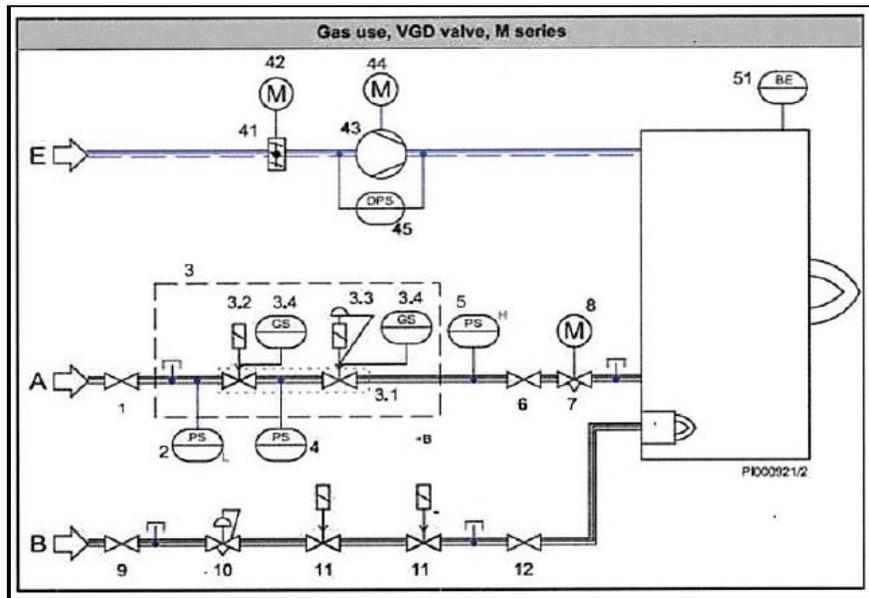


Figura 14: P&D Quemador Oilon Modo Gas

Fuente: Los autores

Pos.	Elemento	Pos.	Elemento
1	Válvula de cierre manual	10	Regulador de presión
2	Presostato, bajo	11	Válvula de cierre de seguridad
3	Válvulas de cierre de seguridad	12	Válvula de cierre manual
	3.1 Válvula	41	Dámper de aire
	3.2 Actuador + 3.4 Opcional	42	Servomotor
	3.3 actuador con regulador de presión+ 3.4	43	Ventilador de aire de combustión
	3.4 interruptor de prueba de cierre (IRI: 2 piezas, cuando capacidad > 12.5 MBTU/h)		
4	Interruptor de presión (Opcional, cuando capacidad < 12.5 MBTU/h)	44	Motor eléctrico
5	Interruptor de presión, alto	45	Presostato diferencial para aire
6	Válvula de cierre manual	51	Detector de incendios
7	Válvula mariposa de gas	E	Entrada de aire
8	Servomotor	A	Entrada de gas
9	Válvula de cierre manual	B	Entrada de gas de encendido

Tabla 5: Elementos diagrama Quemador a Gas

Fuente: Los autores

7.2.1.4. Quemador Oilon Modo Diésel

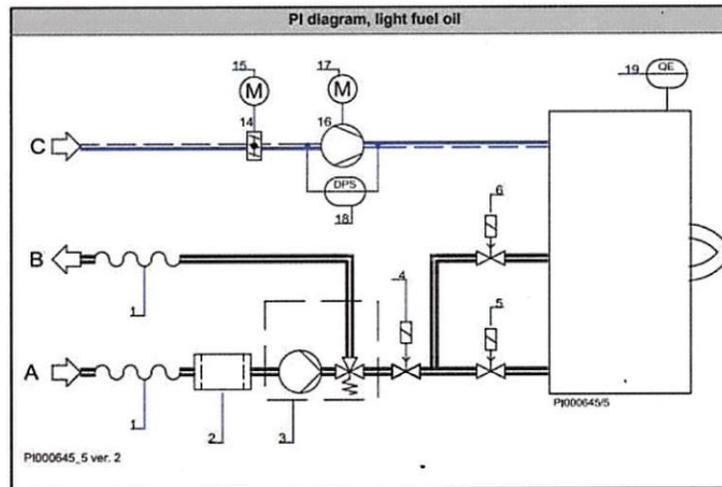


Figura 15: P&D Quemador Oilon Modo Diésel

Fuente: Los autores

Pos.	Elemento	Pos.	Elemento
1	Manguera de aceite, salida suelta	16	Ventilador de aire comburente
2	Filtro de aceite, salida suelta	17	Motor eléctrico
3	Bomba de aceite	18	Presostato diferencial de aire, no en KP-50...150 H
4	Electroválvula, NC		
5	Electroválvula, NC	19	Detector de llama
6	Electroválvula, NC	A	Entrada de aceite 0...5 bar
14	Dámper de aire	B	Retorno de aceite
15	Servomotor	C	Entrada de aire

Tabla 6: Elementos diagrama Quemador a Diésel

Fuente: Los autores

7.2.1.5. Instrumentos y componentes del quemador



Figura 16: Fococelda – Regulador de gas, filtro y válvula, Servomotor

Fuente: Los autores

- Fococelda (Fig. 17): Es un elemento que se encarga de detectar o supervisar la llama azul de la caldera.
- Servomotor y dampner de aire (Fig. 17): El servomotor es el encargado de regular la apertura del dampner de acuerdo a la demanda de aire.
- Regulador de gas, filtro y válvula de corte (Fig. 17): o también conocido como tren de gas, es encargado de regular la presión y realizar la apertura del gas requerido por el quemador.

7.2.1.6. Control de combustión



Figura 17: Pantalla de control quemador

Fuente: Los autores

La unidad de visualización y operación del sistema WiseDrive para uso local se utiliza para monitorear y ajustar la configuración. La interfaz de usuario se implementa con gráficos y símbolos animados. La copia de seguridad y la restauración de archivos son posibles con la unidad de operación y visualización.

7.2.1.6.1. Control de interruptor

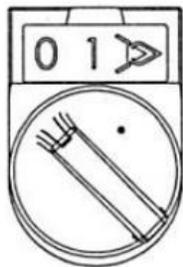
Interruptor	Posición del Interruptor	Estado
	0-STOP	Se corta el voltaje de control de la automatización del quemador y el quemador se apaga.
	1-CONTROL	Se conecta la tensión de control a la automatización del quemador (control del quemador, servomotores). El control del quemador está listo para las funciones de control y supervisión, pero se impide el arranque del quemador por parte del dispositivo de control.
	2-AUTOMÁTICO	El quemador arranca cuando recibe señal de arranque del dispositivo de control. Comienza el programa de puesta en marcha del control del quemador. El quemador opera por el controlador de capacidad o en un pre-ajuste manual. El control del quemador supervisa el funcionamiento del quemador y da como resultado un apagado controlado o, si es necesario, un apagado y bloqueo de seguridad. Durante el funcionamiento del quemador, el LED verde ilumina el interruptor.

Tabla 7: Partes de control de interruptor

Fuente: Los autores

7.2.1.6.2. Interruptor selector de combustible

Interruptor	Posición del interruptor	Estado
	1 – ACEITE	Estado Control de quemador elegido para uso de aceite.
	0 – OFF	No se ha elegido combustible
	2 – GAS	Control de quemador elegido para uso a gas.

Tabla 8: Partes interruptor selector de combustible

Fuente: Los autores

7.2.1.6.3. Partes del panel de control del Quemador

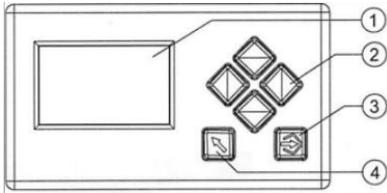
Panel de control	Botón
	1. Pantalla 2. Flechas de selección 3. Ingresar 4. atrás

Tabla9: Partes panel de control

Fuente: Los autores

7.2.1.7. Tablero eléctrico

El tablero eléctrico de la caldera tiene su potencia a 220vac, tres fases y 60hz y el

control a 110 vac, una fase y 60hz, tiene indicadores de funcionamiento, de temperatura y parada de emergencia.



Figura 18: Tablero Eléctrico Caldera

Fuente: Los autores

7.2.1.8. Verificación de cadena de seguridad y operacional

La cadena de seguridad se encarga de abrir el circuito cuando la temperatura del aceite térmico este por encima de 265 °C y la presión superior a 50 PSI.

7.2.1.9. Verificación de Indicadores



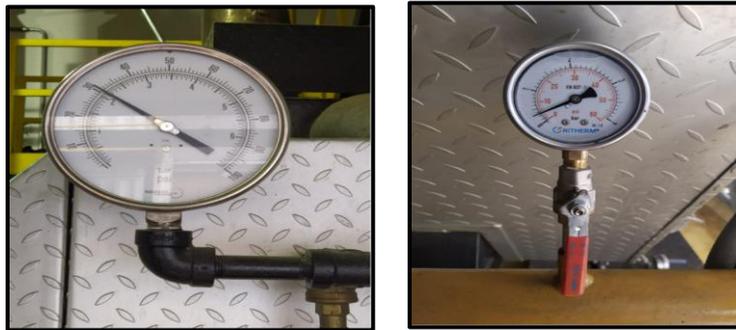
Figura 19: Llama encendida – Manómetro entrada ACPM (10-20PSI)

Fuente: Los autores



*Figura 20: Manómetro entrada después de regulador (2-5PSI) –
Manómetro entrada gas antes de regulador (15-20PSI)*

Fuente: Los autores



*Figura 21: Manómetro de presión de Aceite (25-40PSI) –
Manómetro entrada quemador (30-40PSI)*

Fuente: Los autores Operación HMI

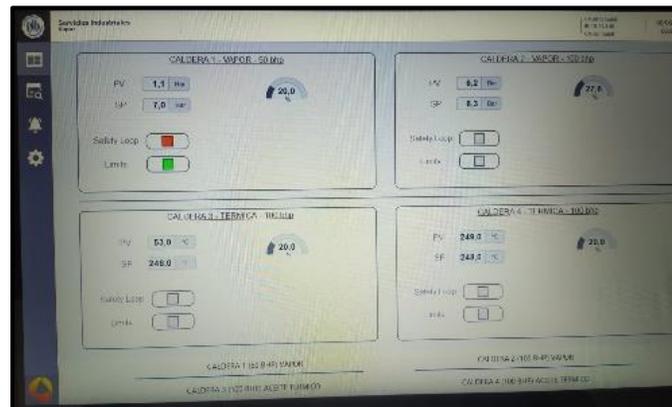


Figura 22: Menú principal Software

Fuente: Los autores

En la Figura 22 se encuentran dos menús, la barra de menú lateral y la barra de navegación inferior:

7.2.1.9.1. Barra de menú lateral

Está ubicada en la parte lateral izquierda de la HMI, y dispone de botones de acceso a tres pantallas: Pantalla de inicio con datos de las 4 calderas - Pantalla de tendencias - Panel de alarmas

7.2.1.9.2. Barra de navegación inferior

Está ubicada en la parte inferior, cuenta con cuatro botones para acceder a la pantalla de cada caldera.

7.2.1.10. Visualización pantalla inicio Caldera Aceite

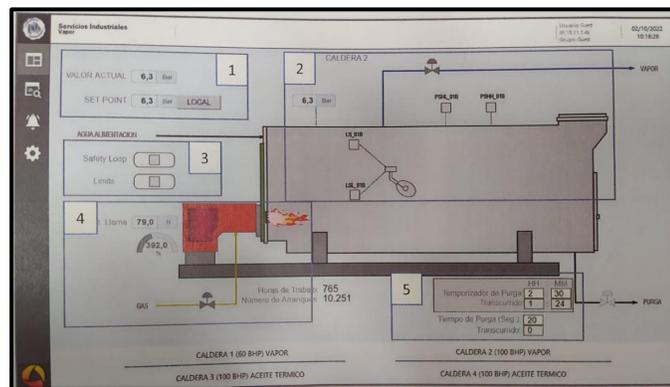


Figura 23: Menú modo Caldera

Fuente: Los autores

En la Figura 23, se muestra la imagen correspondiente a la pantalla de la caldera de aceite térmico Caltermica 100 BHP, dicha pantalla contiene la información detallada de la caldera seleccionada:

- [1] Posee dos campos, uno con el valor actual de presión de vapor de salida de la caldera,

otro con el valor de setpoint de presión del controlador del quemador, a través del botón (LOCAL-REMOTO) se selecciona la modalidad en la que se desea establecer el setpoint. LOCAL: directamente en el display del quemador, REMOTO: a través del campo “setpoint” de la HMI. Si se elige la opción LOCAL el campo “setpoint” se bloquea para solo visualización.

- [2] Instrumentos asociados al lazo de seguridad y límites de la caldera.
- [3] Muestra el estado del lazo de seguridad y límites de operación de la caldera.
- [4] Muestra el estado actual del quemador (intensidad de llama, estado de la válvula de gas, valor de fuego).
- [5] Temporizador de purga de fondo. Los campos superiores muestran el valor del intervalo de tiempo entre cada purga en el formato de horas (HH) minutos (MM) este valor puede ser modificado por el usuario. Así mismo los dos campos siguientes muestran el tiempo transcurrido desde la última purga de fondo. Seguidamente está el calor de duración de la purga en segundos el cual puede ser editado y por último el tiempo transcurrido cuando la purga está abierta.

El encendido de cada quemador se puede realizar de dos formas, directamente en la botonera local del quemador o mediante el botón ubicado en la pantalla tipo popup del quemador correspondiente (Fig. 24), a esta pantalla se accede haciendo click sobre el quemador desde la pantalla de la caldera respectiva.

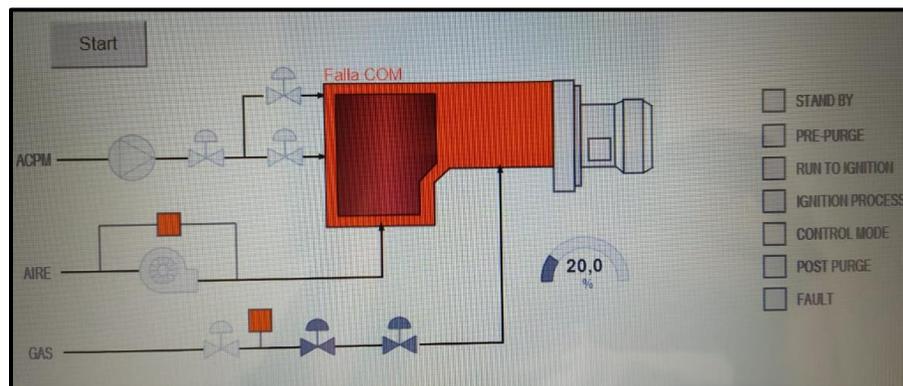


Figura 24: Pantalla quemador Caldera Caltermica

Fuente: Los autores

Por otro lado, si el quemador pasa a estatus de falla se mostrará un botón para realizar reset de la falla en cuestión.

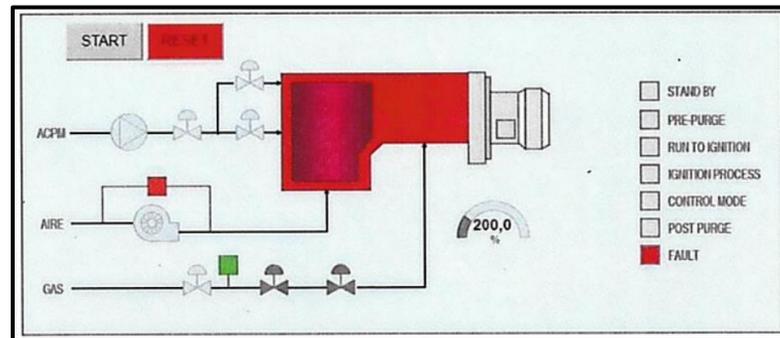


Figura 25: Reset de falla Quemador Oilon

Fuente: Los autores

El apagado del quemador desde la HMI se realiza desde el mismo botón de encendido, este botón cambiara su texto a “STOP” si el quemador este encendido.

7.2.1.11. Ciclo de encendido del quemador

Cuando la caldera se encuentra en operación, la modulación de fuego, el apagado/encendido por limites o lazo de seguridad se realizará de forma automática, en la pantalla correspondiente a cada quemador se mostrará en qué etapa de encendido o estatus se encuentra dicho quemador, Stand by, Purga, Ignición, Control Mode, Post purga, Falla.

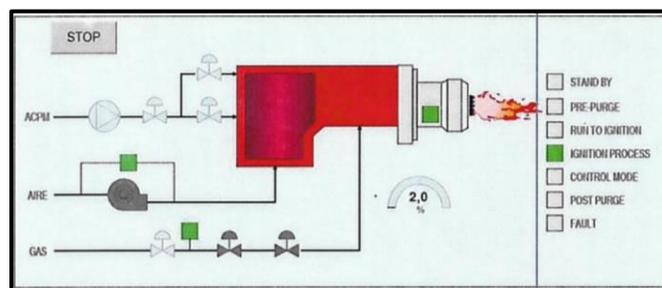


Figura 26: Ciclo del Quemador Oilon

Fuente: Los autores

7.2.1.12. Historial de Fallas

Este menú contiene un consolidado de las alarmas o fallas que se encuentren activas.

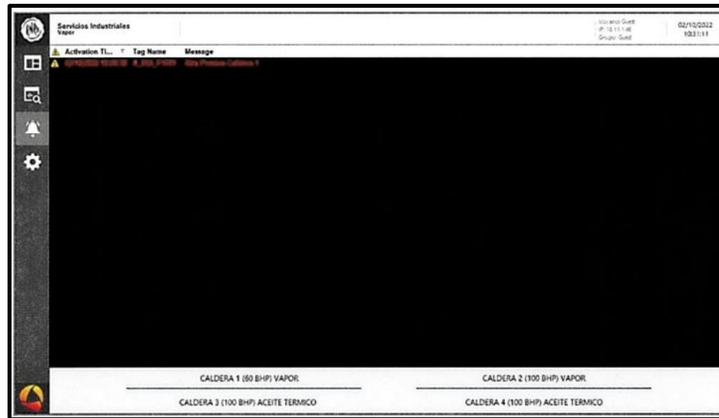


Figura 27: Historial de fallas

Fuente: Los autores

7.2.1.13. Pantalla de Tendencias

Contiene gráficos de tendencias de la variable de proceso de cada caldera (Presión de vapor de salida Caldera 1, Presión de vapor de salida Caldera 2, Temperatura de aceite salida Caldera 3, Temperatura de aceite salida Caldera 4).

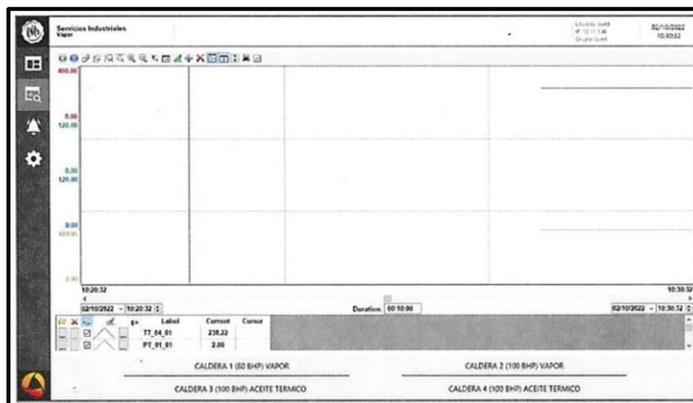


Figura 28: Pantalla de Tendencias

Fuente: Los autores

A continuación, se describe el principio de funcionamiento para el siguiente equipo:

7.2.2. Descripción y principio de funcionamiento Caldera de Vapor Distral 100 BHP



Figura 29: Caldera de Vapor Distral 100 BHP

Fuente: Los autores

La caldera de vapor es un equipo cuya función principal es generar vapor de agua a una temperatura superior a la del ambiente y presión por encima de la atmosférica. Para este proceso se dispone en la zona de calderas de un tanque de almacenamiento de agua con una capacidad de 3900 litros, el cual suministra agua para la caldera de vapor de 100 BHP (Fig. 29), al ser un recipiente sometido a altas presiones, está hecho de acero al carbono.

Cuando se energiza la caldera, una bomba envía el agua hacia la caldera a una razón de 33 litros por minuto, almacenándose en la cámara de agua de la caldera la cual tiene una capacidad de 3500 litros, así mismo se energiza el quemador el cual realiza la mezcla entre aire y combustible de 80% y 40% respectivamente.

El hogar alberga al quemador, por lo que el aire comburente allí producido ayuda a que se dé la combustión para producir la llama que calentara el agua. Las calderas de vapor que la empresa

posee son de tipo piro-tubular, es decir que la tubería por donde pasa el calor producido por la combustión, se encuentra sumergida en el agua. En este proceso de calentamiento del fluido caloportador, intervienen los siguientes tres mecanismos de transmisión de calor:

- **Conducción:** por contacto directo entre la llama y el cuerpo de la caldera que contiene el fluido caloportador.
- **Radiación:** desde la llama a las paredes del hogar donde tiene lugar la combustión.
- **Convección:** desde los gases calientes producidos en la combustión a las partes metálicas de la caldera.

Estos procesos de transmisión de calor permiten que el agua se transforme en vapor, el cual es enviado al tanque distribuidor para su posterior distribución según el requerimiento de la planta.

7.2.2.1. Diagrama de flujo de funcionamiento

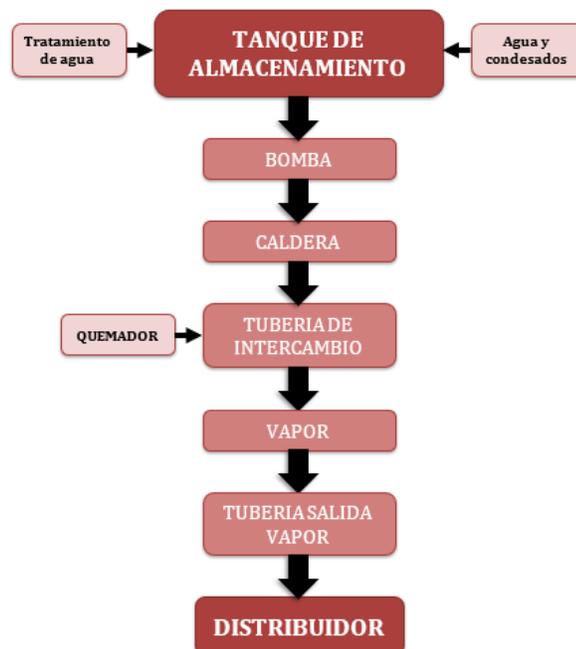


Figura 30: Diagrama de flujo de funcionamiento Caldera de vapor Distral 100BHP

Fuente: Los autores

7.2.2.2. Instrumentos de seguridad y operación



Figura 31: válvula de seguridad – Presostato de vapor

Fuente: los autores



Figura 32: Switch de bajo nivel de agua – Transmisor de presión – Controlador presión

Fuente: Los autores

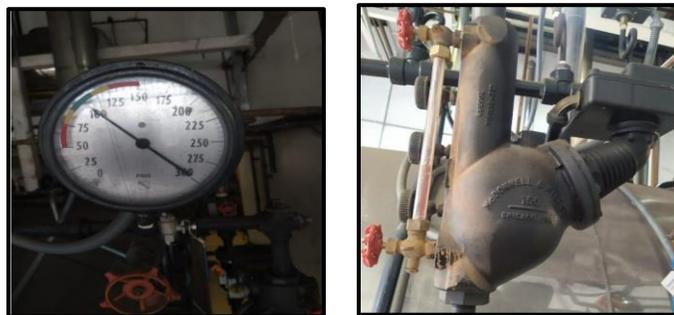


Figura 33: Manómetro de presión de vapor – McDonell & Miller

Fuente: Los autores

Los elementos de seguridad y operación como su nombre lo indica, son aquellos que garantizan un correcto funcionamiento de la caldera, a continuación, la definición y función de cada elemento:

- Válvula de seguridad (Fig. 31): Esta válvula está diseñada para evitar sobrepresiones en la caldera, evacua el caudal necesario o libera presión cuando esta llega a 145 psi. Esta válvula está hecha de bronce para poder aguantar la presión y la temperatura a la cual es sometida.
- Presostato operacional de vapor (Fig. 32): El Presostato, también conocido como Switch o interruptor de presión, es un dispositivo electromecánico que tiene como función abrir o cerrar circuitos en función de una presión. El rango del instrumento es de 0-100 PSI y trabaja entre 20-40 PSI, siendo 30 PSI la variable normal de trabajo.
- Switch de bajo nivel de agua (Fig. 32): Este dispositivo permite detectar y abrir el circuito cuando el nivel del agua de la caldera es muy bajo, es decir, cuando el nivel del agua está por debajo del control visual del McDonnell.
- Transmisor de presión de vapor (Fig. 32): El transmisor de presión es un dispositivo mecánico utilizado para medir la fuerza expansiva de un fluido o gas. Se trata de un sensor que está compuesto por un área superficial sensible a la presión que está hecho de acero. El cual trabaja en un rango de presión de 80 psi a 100 psi.
- Controlador (Fig. 33): Se encarga de controlar la presión entre 0 a 450 PSI, para esta caldera está configurado de 0 a 100 PSI.
- Manómetro de presión de vapor (Fig. 33): Este elemento se encarga de medir la presión a la cual se encuentra la caldera, en este caso tiene que estar entre 80 y 100 psi.
- McDonnell & Miller (Fig. 33): Este dispositivo es una combinación de control de bomba y corte de agua con flotador, con operación diferencial máxima, que evita el molesto apagado del quemador en aplicaciones de baja presión, ideal para calderas de vapor con una columna de agua separada. Tiene un visor de nivel (Fig. 34) para verificación de llenado de la caldera.

7.2.2.3. Partes de la caldera



Figura 34: Quemador Oilon finlandés – Válvula de Purga

Fuente: Los autores

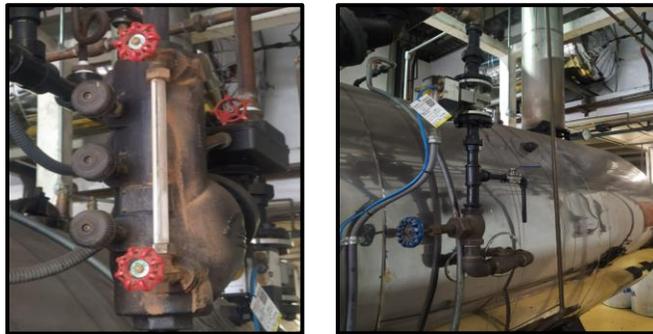


Figura 35: Nivel altura de agua – Válvula de entrada de agua

Fuente: Los autores



Figura 36: Manómetro entrada Gas – Filtro de ACPM

Fuente: Los autores

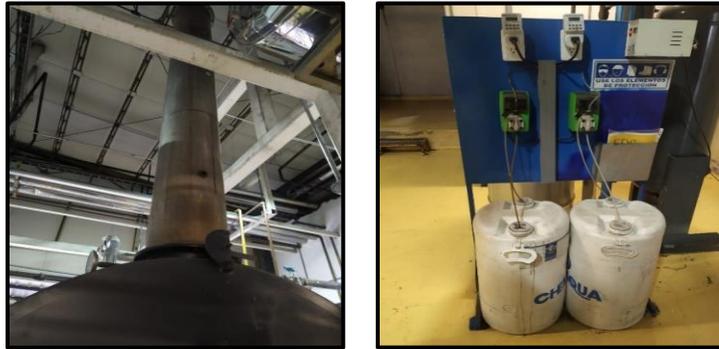


Figura 37: Chimenea de gases – Tratamiento químico de agua

Fuente: Los autores



Figura 38: Bomba de agua – Tanque de almacenamiento

Fuente: Los autores

- Quemador Oilon (Fig. 34): El quemador Oilon con el que cuenta la caldera de vapor funciona a gas y ACPM, además de ser totalmente automático, seguro y fiable. Este dispositivo facilita la mezcla de combustible y un comburente, en el que se produce la combustión.
- Válvula de purga (Fig. 34): La válvula de purga de fondo está diseñada específicamente para eliminar los sólidos en suspensión y lodos del fondo de calderas de vapor. Esta válvula este programa para abrirse cada 5 horas durante 10 segundos.
- Válvula entrada de agua (Fig. 35): Esta válvula hace su apertura o cierre de acuerdo a la demanda de agua de la caldera.

- Manómetro de gas (Fig. 36): En este elemento se visualiza la presión de entrada de gas natural el cual tiene un rango de 0-60PSI y trabaja entre 15-20 PSI.
- Filtro de ACPM (Fig. 36): Como su nombre lo indica está diseñado para retener partículas que llegase a contener el combustible ACPM (se realiza una limpieza trimestral).
- Chimenea (Fig. 37): es el conducto de salida de los gases y humos de la combustión hacia la atmósfera, los cuales deben ser evacuados a una altura suficiente para evitar perjuicios o molestias a la comunidad. Trabaja a una temperatura de 250 a 350 °C.
- Tratamiento químico (Fig. 37): Es un equipo que tiene dos bombas dosificadoras de químico las cuales son un ajustador de PH y un dispersante y desincrustante.
- Bomba de Agua (Fig. 38): Sirve para enviar el agua proveniente del tanque de condensados aprovechando la temperatura del mismo hacia la caldera manteniendo el nivel, envía el agua a una razón de 33 litros por minuto y tiene una conexión eléctrica a 220V.
- Tanque almacenamiento (Fig. 38): Es el encargado de almacenar el agua que requiere el funcionamiento de las calderas (es alimentado por agua potable) (3800L de capacidad).

7.2.2.4. Quemador Oilon



Figura 39: Quemador Oilon finlandés

Fuente: Los autores

QUEMADOR	GKP-140 MH
Capacidad de aceite [MBTU/h]	1.5-8.89
Capacidad de gas [gal/h]	14.6-62.2
Motor del quemador 3~208-600 V, 60 Hz	
• Salida [hp]	5.5
• Corriente [A]	6.2
• Velocidad [rpm]	3510
Conexión manguera aceite	
• Succión	R ½"
• Retorno	R ½"
Bomba de aceite, motor 3~208~600V V, 60HZ	
	J7
	1
• Salida [hp]	1.5
• Corriente [A]	3510
• Velocidad [rpm]	
Unidad de control	WD34
Peso [lb]	357

Tabla 10: Ficha Técnica quemador

Fuente: Los autores

Como ya vimos anteriormente en el principio de funcionamiento de la caldera, para que el proceso de transferencia de energía térmica ocurra es necesario la presencia de un quemador, en este caso la caldera de vapor de 100 BHP posee un quemador Oilon GKP-90.

En la Fig. 42 se puede observar una curva de trabajo de 2 modelos de quemador, el GKP-140 y el GKP-150. Según las características de la caldera, esta cuenta con una capacidad de 4500000 BTU/h y una eficiencia de 85%, por lo que, siguiendo la fórmula indicada por el fabricante para la correcta selección de la capacidad del quemador se obtiene lo siguiente:

$$\frac{\text{Capacidad caldera}}{\text{eficiencia}} = \frac{4500000\text{BTU}}{0.85} = 5294117\text{BTU} = 5294\text{MBTU}$$

Figura 40: Formula capacidad Caldera – Calculo BTU

Fuente: Los autores

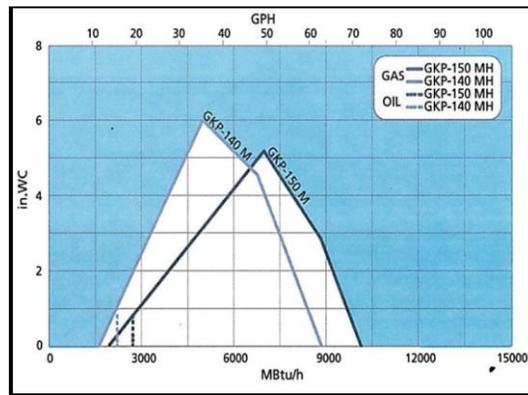


Figura 41: Grafica capacidad Quemador Oilon

Fuente: Los autores

De acuerdo a la fórmula de la gráfica de la Fig. 40 se observa que el valor obtenido en la ecuación para la selección de la caldera está dentro de los márgenes que proporciona la curva de trabajo del modelo GKP-140. Esto aplicaría para las dos calderas de aceite térmico, ya que manejan una eficiencia similar por lo que el quemador Oilon GKP-140 aplicaría y cumpliría con todos los requerimientos necesarios para el buen funcionamiento de las calderas de aceite térmico.

7.2.2.5. Quemador Oilon Modo Gas

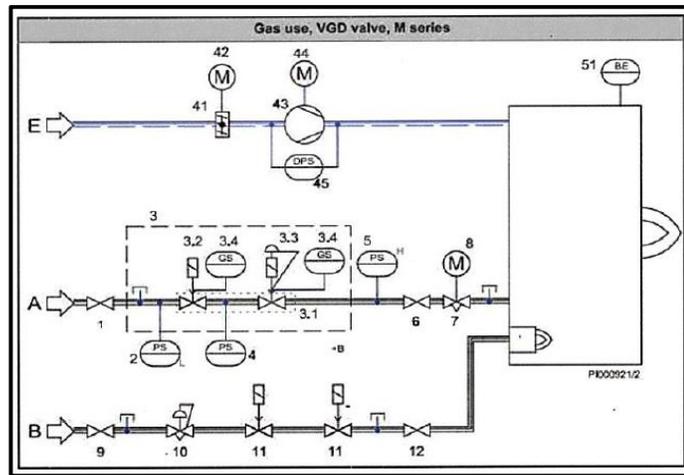


Figura 42: P&D Quemador Oilon Modo Gas

Fuente: Los autores

Pos.	Elemento	Pos.	Elemento
1	Válvula de cierre manual	10	Regulador de presión
2	Presostato, bajo	11	Válvula de cierre de seguridad
3	Válvulas de cierre de seguridad	12	Válvula de cierre manual
	3.1 Válvula	41	Dámper de aire
	3.2 Actuador + 3.4 Opcional	42	Servomotor
	3.3 actuador con regulador de presión+ 3.4	43	Ventilador de aire de combustión

	3.4 interruptor de prueba de cierre (IRI: 2 piezas, cuando capacidad > 12.5 MBTU/h)		
4	Interruptor de presión (Opcional, cuando capacidad < 12.5 MBTU/h)	44	Motor eléctrico
5	Interruptor de presión, alto	45	Presostato diferencial para aire
6	Válvula de cierre manual	51	Detector de incendios
7	Válvula mariposa de gas	E	Entrada de aire
8	Servomotor	A	Entrada de gas
9	Válvula de cierre manual	B	Entrada de gas de encendido

Tabla 11: Elementos diagrama Quemador a Gas

Fuente: Los autores

7.2.2.6. Quemador Oilon Modo Diésel

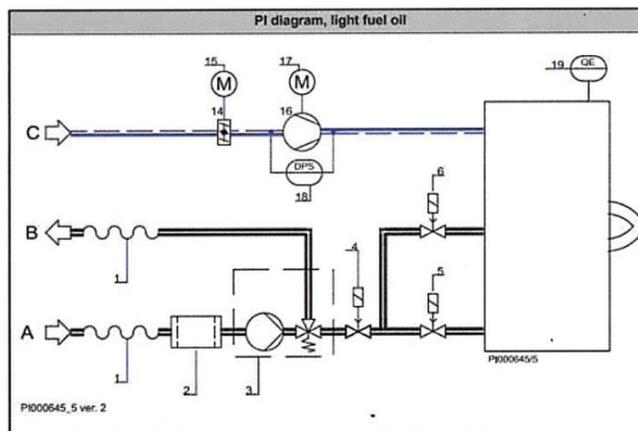


Figura 43: P&D Quemador Oilon Modo Diésel

Fuente: Los autores

Pos.	Elemento	Pos.	Elemento
1	Manguera de aceite, salida suelta	16	Ventilador de aire comburente
2	Filtro de aceite, salida suelta	17	Motor eléctrico
3	Bomba de aceite	18	Presostato diferencial de aire, no en KP-50...150 H
4	Electroválvula, NC		
5	Electroválvula, NC	19	Detector de llama
6	Electroválvula, NC	A	Entrada de aceite 0...5 bar
14	Dámper de aire	B	Retorno de aceite
15	Servomotor	C	Entrada de aire

Tabla 12: Elementos diagrama Quemador a Diésel

Fuente: Los autores

7.2.2.7. Instrumentos y componentes del Quemador



Figura 44: Quemador Oilon - Fococelda

Fuente: Los autores

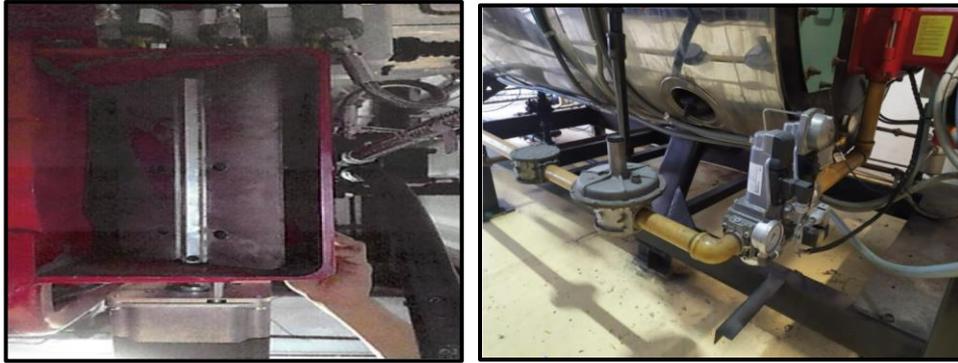


Figura 45: Servomotor y Dámper de aire – Regulador de gas, filtro y válvula

Fuente: Los autores



Figura 46: Motor del ventilador – Bomba diésel y válvulas

Fuente: Los autores

- Fococelda (Fig. 44): Es un elemento que se encarga de detectar o supervisar la llama azul de la caldera.
- Servomotor y dámper de aire (Fig. 45): El servomotor es el encargado de regular la apertura del dámper de acuerdo a la demanda de aire.
- Regulador de gas, filtro y válvula de corte (Fig. 45): o también conocido como tren de gas, es el encargado de regular la presión y de realizar la apertura del gas requerido por el quemador.

7.2.2.8. Control de combustión

La unidad de visualización y operación del sistema WiseDrive para uso local se utiliza para monitorear y ajustar la configuración. La interfaz de usuario se implementa con gráficos y símbolos animados. La copia de seguridad y la restauración de archivos son posible con la unidad de operación y visualización.



Figura 47: Pantalla de control del Quemador

Fuente: Los autores

7.2.2.8.1. Panel del control

Panel de control	Botón
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pantalla 2. Flechas de selección 3. Ingresar 4. atrás

Tabla 13: Partes panel de control

Fuente: Los autores

7.2.2.8.2. Control de interruptor

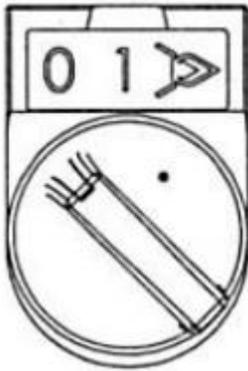
Interruptor	Posición del interruptor	Estado
	0 - STOP	Se corta el voltaje de control de la automatización del quemador y el quemador se apaga.
	1 - CONTROL	Se conecta la tensión de control a la automatización del quemador (control del quemador, servomotores). El control del quemador está listo para las funciones de control y supervisión, pero se impide el arranque del quemador por parte del dispositivo de control.
	2 - AUTOMÁTICO	El quemador arranca cuando se recibe la señal de arranque del dispositivo de control. Comienza el programa de puesta en marcha del control del quemador. El quemador opera controlado por el controlador de capacidad o en un pre ajuste manual carga. El control del quemador supervisa el funcionamiento del quemador y da como resultado un apagado controlado o, si es necesario, un apagado y bloqueo de seguridad. Durante el funcionamiento del quemador, el LED verde ilumina el interruptor.

Tabla 14: Partes control del interruptor

Fuente: Los autores

7.2.2.8.3. Interruptor selector de combustible

Interruptor	Posición del interruptor	Estado
	1 – ACEITE	Estado Control de quemador elegido para uso de aceite.
	0	No se ha elegido combustible
	2 – GAS	Control de quemador elegido para uso a gas.

Tabla 15: Partes control del interruptor gas-aceite

Fuente: Los autores

SECUENCIA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO
REPOSO	Setpoint alcanzado/ Limites/ Selector OFF	Varía de acuerdo al consumo
PRE-BARRIDO	Seguridad/ Eliminar gases explosivos	30 s
ENCENDIDO	Entrada de gas/ Chispa/ Entrada combustible PID	40 s
OPERACIÓN	Caldera operando	N/A
POST-BARRIDO	Eliminar gases/ Combustible no quemado	20 s
REPOSO	Fin ciclo de operación	N/A

Tabla 16: Secuencia de operación

Fuente: Los autores

7.2.2.9. Tablero eléctrico

El tablero eléctrico de la caldera tiene su potencia a 460vac, tres fases y 60hz y el control a 110 vac, una fase y 60hz, tiene indicadores de funcionamiento, de temperatura y parada de emergencia.



Figura 48: Tablero Eléctrico Caldera Distral

Fuente: Los autores

7.2.2.10. Verificación de la cadena de seguridad y operacional

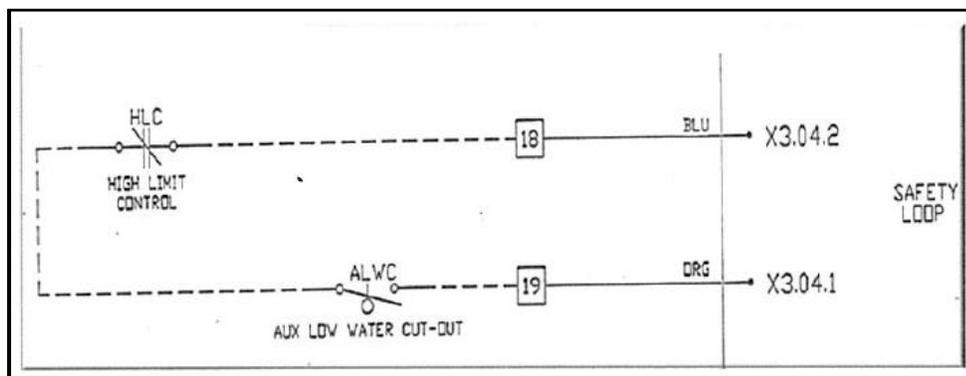
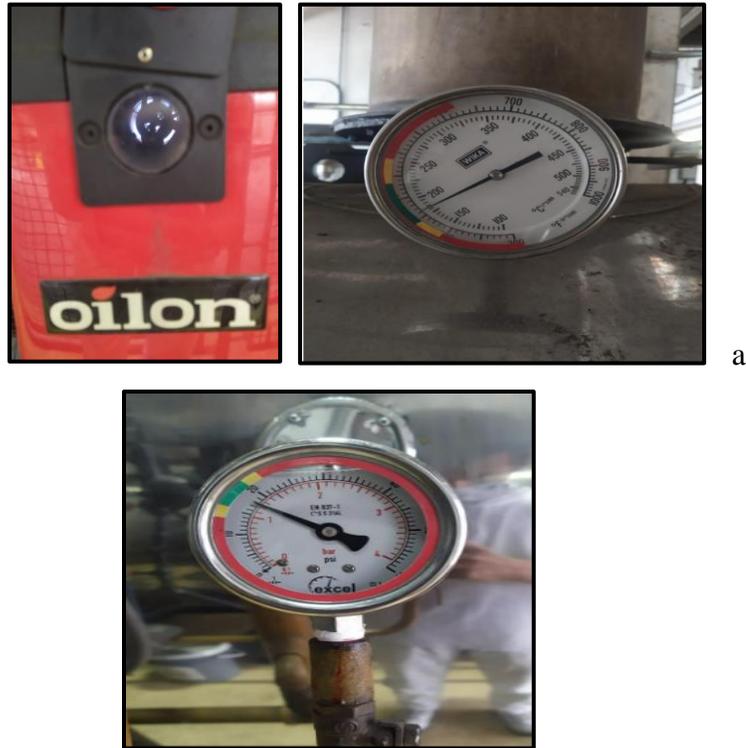


Figura 49: Diagrama cadena de Seguridad

Fuente: Los autores

La cadena de seguridad (Fig. 49) se encarga de abrir el circuito por presión alta (mayor a 115 psi) y por bajo nivel de agua el cual se visualiza en el visor del McDonnell.

7.2.2.11. Verificación de Indicadores



*Figura 50: Llama Encendida –
Termómetro Chimenea (250-350°C) – Manómetro entrada Gas (15-20PSI)*

Fuente: Los autores

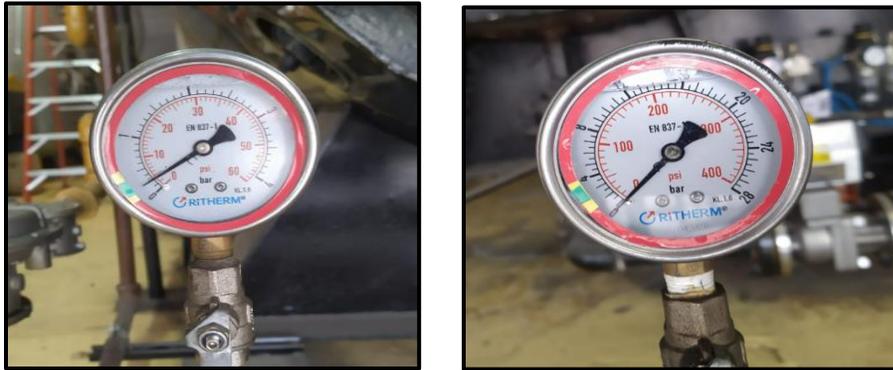


Figura 51: Manómetro presión Gas regulador (2-5PSI) – Manómetro ACPM (10-20PSI)

Fuente: Los autores

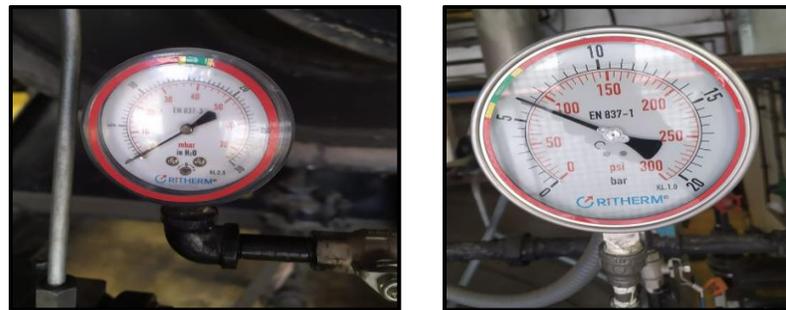


Figura 52: Manómetro Gas entrada (30-50 mbar) – Manómetro Gas salida (80-100PSI)

Fuente: Los autores

7.2.2.12. Operación HMI

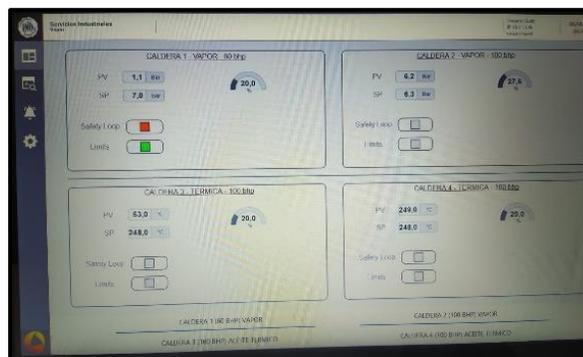


Figura 53: Menú principal Software Caldera Vapor

Fuente: Los autores

En la Fig. 53 se encuentran dos menús, la barra de menú lateral y la barra de navegación inferior.

7.2.2.12.1. Barra de menú lateral

Está ubicada en la parte lateral izquierda de la HMI, y dispone de botones de acceso a tres pantallas:

- Pantalla de inicio con datos de las 4 calderas
- Pantalla de tendencias
- Panel de alarmas

7.2.2.12.2. Barra de navegación inferior

Está ubicada en la parte inferior, cuenta con cuatro botones para acceder a la pantalla de cada caldera.

7.2.2.13. Visualización apagado y encendido calderas de vapor

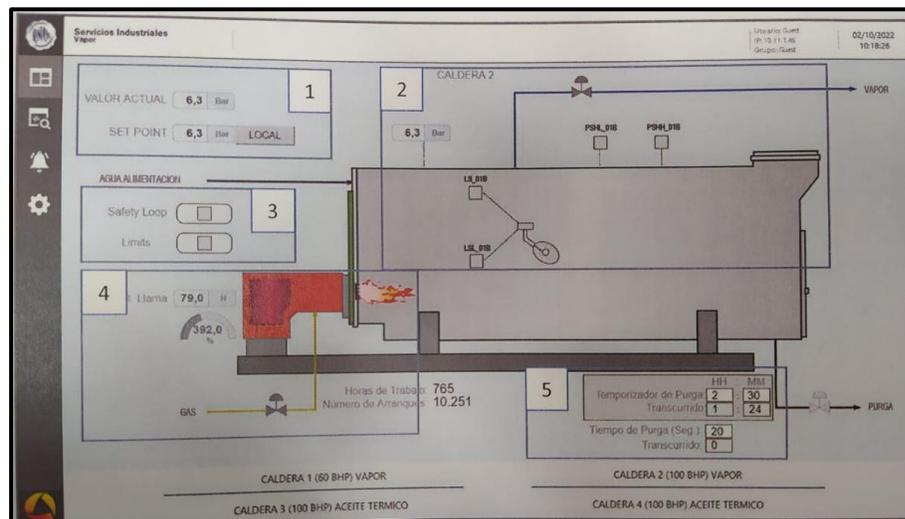


Figura 54: Menú principal Caldera Vapor

Fuente: Los autores

En la Fig. 54, se muestra la imagen correspondiente a la pantalla de la caldera de 100 BHP, dicha pantalla contiene la información detallada de la caldera seleccionada:

- [1] Posee dos campos, uno con el valor actual de presión de vapor de salida de la caldera, otro con el valor de setpoint de presión del controlador del quemador, a través del botón (LOCAL-REMOTO) se selecciona la modalidad en la que se desea establecer el setpoint. LOCAL: directamente en el display del quemador, REMOTO: a través del campo “setpoint” de la HMI. Si se elige la opción LOCAL el campo “setpoint” se bloquea para solo visualización.
- [2] Instrumentos asociados al lazo de seguridad y límites de la caldera.
- [3] Muestra el estado del lazo de seguridad y límites de operación de la caldera.
- [4] Muestra el estado actual del quemador (intensidad de llama, estado de la válvula de gas, valor de fuego).
- [5] Temporizador de purga de fondo. Los campos superiores muestran el valor del intervalo de tiempo entre cada purga en el formato de horas (HH) minutos (MM) este valor puede ser modificado por el usuario. Así mismo los dos campos siguientes muestran el tiempo transcurrido desde la última purga de fondo. Seguidamente está el calor de duración de la purga en segundos el cual puede ser editado y por último el tiempo transcurrido cuando la purga está abierta.

7.2.2.14. Visualización encendida del quemador

El encendido de cada quemador se puede realizar de dos formas, directamente en la botonera local del quemador o mediante el botón ubicado en la pantalla tipo popup del quemador correspondiente Fig. 55, a esta pantalla se accede haciendo click sobre el quemador desde la pantalla de la caldera respectiva.

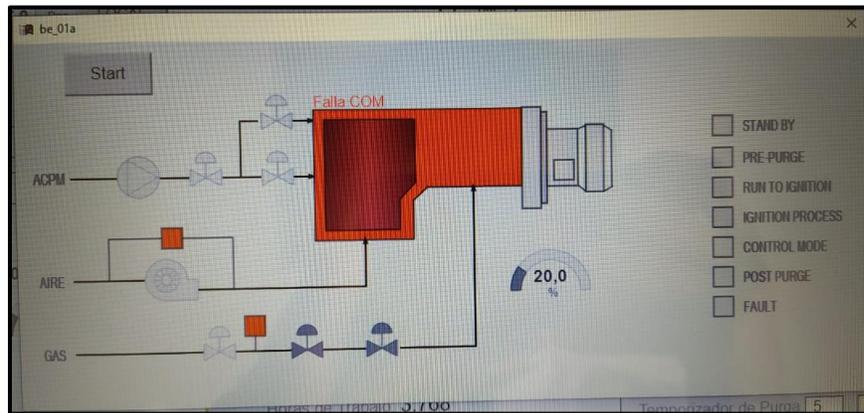


Figura 55: Pantalla quemador Caldera Vapor

Fuente: Los autores

Por otro lado, si el quemador pasa a estatus de falla se mostrará un botón para realizar reset de la falla en cuestión.

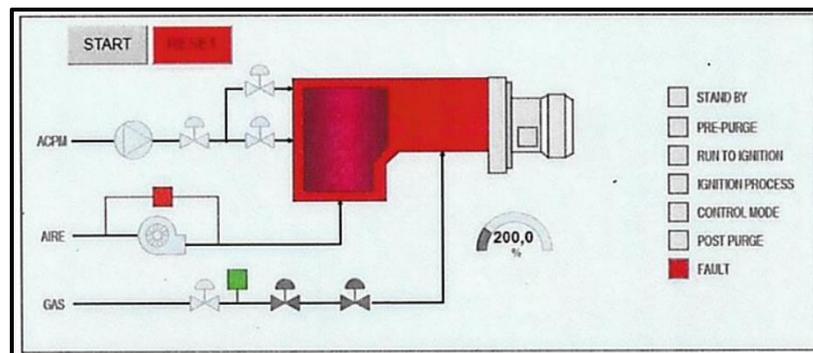


Figura 56: Reset de falla Quemador Caldera Vapor

Fuente: Los autores

El apagado del quemador desde la HMI se realiza desde el mismo botón de encendido, este botón cambiara su texto a “STOP” si el quemador este encendido.

7.2.2.15. Ciclo de encendido del quemador

Cuando la caldera se encuentra en operación, la modulación de fuego, el apagado/encendido por limites o lazo de seguridad se realizará de forma automática, en la pantalla

correspondiente a cada quemador se mostrará en qué etapa de encendido o estatus se encuentra dicho quemador, Stand by, Purga, Ignición, Control Mode, Post purga, Falla.

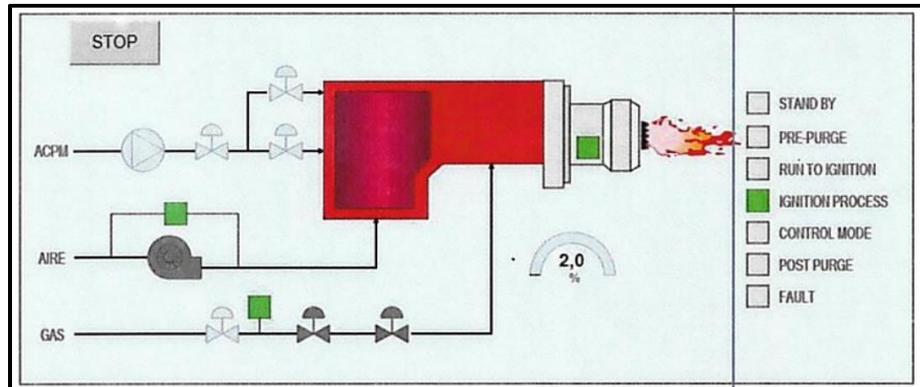


Figura 57: Ciclo del Quemador Caldera Vapor

Fuente: Los autores

7.2.2.16. Historial de fallas

Contiene un consolidado de las alarmas o fallas que se encuentren activas.

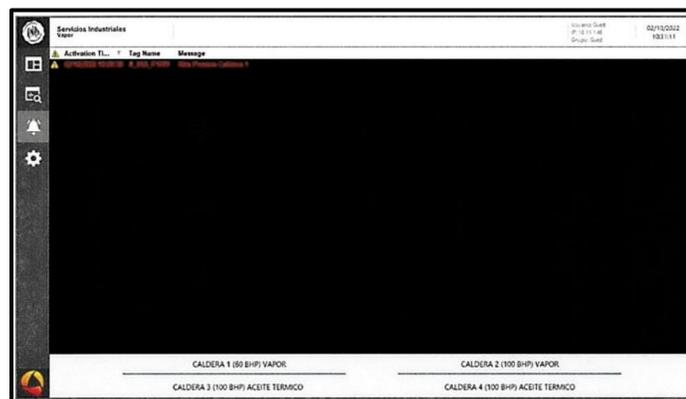


Figura 58: Historial de Fallas Caldera Vapor

Fuente: Los autores

7.2.2.17. Pantalla de tendencias

Contiene gráficos de tendencias de la variable de proceso de cada caldera (Presión de vapor de salida Caldera 1, Presión de vapor de salida Caldera 2, Temperatura de aceite salida Caldera 3,

Temperatura de aceite salida Caldera 4).

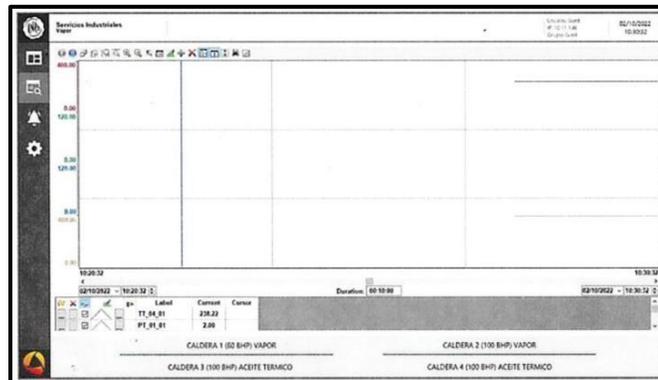


Figura 59: Pantalla de tendencias Caldera Vapor

Fuente: Los autores

Posterior a la creación de los principios de funcionamiento de la caldera de aceite térmico y vapor, se puede concluir que estos documentos son pilar fundamental en el desarrollo de habilidades técnicas y operativas de las personas que están involucradas en la operación de los equipos, ya que se comprende como es la funcionalidad del activo, para que sirva cada botón y/o pulsador, las alarmas cuando fallan, variables y parámetro a controlar y monitorear, entre el técnico y operario más conozcan su equipo es más fácil evitar fallos humanos que ocasionen paros no programados.

Adicional a esto, es importante resaltar que la información que está plasmada en cada uno de los principios de funcionamiento fue tomada de los manuales del fabricante, experiencia de los técnicos y operarios, fichas técnicas y algunos registros que se encontraron de la operación cotidiana de los equipos.

7.3. Proponer los planes de mantenimiento para los equipos de la línea piloto.

Los planes de mantenimiento dentro de una compañía son esenciales si se busca salvaguardar los activos de la compañía, (Garrido, 2010) un plan de mantenimiento es un conjunto de intervenciones o actividades preventivas que se le deben realizar a cada equipo de la compañía y así garantizar la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de los equipos y extender el ciclo de vida útil del activo.

De acuerdo con la información anterior los autores del presente documento proponen el siguiente plan de Mantenimiento para los equipos de la línea piloto, listado de actividades con frecuencias.

7.3.1. Plan de mantenimiento para el equipo Red de Aceite Térmico

7.3.1.1. Inspección mensual tubería red de aceite

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra, auditivo

Control: interdependencia, tapa oídos

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 diligenciar permisos de trabajo

0050 inspeccionar que no existan fugas en los flanches de la tubería

0060 realizar inspección en las bombas comprobando el funcionamiento de cada una

0070 verificar nivel de aceite en el tanque de almacenamiento

0080 verificar que estén en buen estado los aislamientos de la red principal de aceite térmico

0090 verificar funcionamiento del tanque de expansión

0100 verificar estado de válvulas

0110 verificar funcionamiento de la bomba de nivel del tanque de expansión.

7.3.2. Plan de mantenimiento para el equipo Red de Vapor

7.3.2.1. Inspección mensual tubería red de vapor

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdependencia

Herramientas: detector acústico (ultrasonido)

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 diligenciar permisos de trabajo

0050 verificar que no haya fugas de vapor en la tubería principal utilizando el equipo de detección de fugas

0060 verificar que estén en buen estado los aislamientos de la red principal de condensados y de vapor.

7.3.3. Plan de mantenimiento para el equipo Tanque de Condensados Agua

7.3.3.1. Mantenimiento trimestral tanque condensados agua

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdependencia

0010 leer el documento

- 0020 usar equipo de protección personal
- 0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo
- 0040 verificar que no haya fugas de vapor
- 0050 verificar estado de las válvulas
- 0060 verificar el estado de la mirilla
- 0070 verificar ingreso de agua potable al tanque
- 0080 verificar aislamientos del tanque
- 0090 verificar que los soportes y estructura estén en buen estado.

7.3.3.2.Mantenimiento semestral tanque condensados agua

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdependencia

Herramientas: juego de llaves mixtas en milímetros y pulgadas, llave expansiva 12 pulgadas.

- 0010 leer el documento
- 0020 usar equipo de protección personal
- 0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo
- 0040 lavado interno y control de nivel
- 0050 limpiezas de filtros de bombas
- 0060 limpieza y ajuste de instrumentos de nivel
- 0070 limpieza y ajuste de tableros de cajas de paso
- 0080 limpieza y pintura.

7.3.3.3.Mantenimiento anual tanque de condensados agua

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdenpencia

Herramientas: juego de llaves mixtos milimétricas y pulgadas, llave expansiva 12 pulgadas, llave para tubos de 14 pulgadas.

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 limpieza de tanque

0050 inspección visual de nivel, que no se encuentra fisurado o con fugas de agua, que se pueda realizar lectura correcta

0060 verificaciones de electroválvula y tablero de eléctrico del tanque, eliminar puntos calientes y sulfataciones de cables, realizar retorqueo de conexiones eléctricas.

7.3.3.4.Mantenimiento predictivo tanque de condensados agua

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdenpencia

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 acompañamiento por parte del técnico al contratista encargado

0050 prueba de espesores realizada por contratista.

7.3.4. Plan de mantenimiento para el equipo Tanque de Expansión Térmico

7.3.4.1.Mantenimiento trimestral tanque de expansión aceite térmico

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdependencia

Herramientas: llave para tubo de 24 pulgadas

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 verificar que la bomba apague cuando pase en el nivel más bajo

0050 verificar que la bomba encienda cuando sobrepase el nivel inferior

0060 verificar que apague la bomba cuando sobrepase el nivel más alto

0070 verificar que este bien tapado el tanque

0080 verificar que no haya fugas de aceite

0090 realizar limpieza del filtro de aceite en el tanque de expansión

0100 realizar pruebas de encendido a la bomba de recuperación de nivel de acuerdo con los niveles del tanque de expansión cuando no esté en operación la zona de tostion.

7.3.4.2.Mantenimiento anual tanque de expansión aceite térmico

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdependencia

Herramientas: juego de llaves mixtas milimétricas

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 limpiezas de tanque.

7.3.4.3.Mantenimiento predictivo cada 5 años tanque expansión térmico

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdependencia

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 acompañamiento por parte del técnico al contratista encargado

0050 prueba de espesores realizada por contratista.

7.3.5. Plan de mantenimiento para el equipo Tanque Almacenamiento Aceite

7.3.5.1.Mantenimiento trimestral tanque almacenamiento aceite 1

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdependencia

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 verificar que no haya fugas de aceite

0050 verificar estado de las válvulas

0060 verificar que este sellado el ingreso del tanque

0070 verificar el estado de las mirillas.

7.3.5.2.Mantenimiento anual tanque almacenamiento aceite 1

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdependencia

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 limpiezas de tanque

0050 verificar que no existan fugas de aceite

0060 asegurarse que el tanque este bien hermético

0070 verificar nivel

0080 inspección visual de la estructura.

7.3.5.3.Mantenimiento predictivo tanque almacenamiento aceite 1

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdependencia

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 acompañamiento por parte del técnico al contratista encargado

0050 prueba de espesores realizada por contratista.

7.3.6. Mantenimiento preventivo limpieza tanque ACPM 5000 Galones

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdependencia

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 acompañamiento por parte del técnico al contratista encargado

0050 servicio de carro tanque y tras ciego de combustible al tanque después de la limpieza.

0060 limpiezas interna de un tanque de combustible de 5000 galones con máquina hidrolavadora y desengrasante biodegradable, ajuste de manhole del tanque; incluye registro fotográfico.

0070 tratamientos de borras y aguas contaminadas en entidad autorizada, incluye certificado y recipiente para acopio de residuos.

0080 señalizaciones en tanque con fecha de prueba y limpieza; según norma.

0090 prueba de hermeticidad y estanqueidad del tanque, se entrega informe final.

0100 suministro y cambio de vidrio visor de medición, incluye el mantenimiento del sistema y montaje de cinta métrica.

7.3.6.1.Mantenimiento trimestral tanque ACPM 5000 Galones

Riesgo: caída del mismo nivel, golpeado por o contra

Control: interdependencia

0010 leer el documento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 verificar que no haya fugas de ACPM

0050 verificar funcionamiento de la válvula de salida

0060 inspeccionar que no le ingrese agua por alguna apertura al tanque

0070 verificar que la válvula del dique de contención este cerrada

0080 verificar el estado de la mirilla

7.3.7. Plan de mantenimiento para los equipos Calderas de Vapor y Aceite Térmico

7.3.7.1.Mantenimiento eléctrico mensual calderas aceite térmico y vapor

0010 leer procedimiento

0020 llevar herramienta necesaria

0030 usar protección personal

0040 diligenciar permisos

- 0050 aislar energías peligrosas
- 0060 revisar manómetros
- 0070 revisar electrodo ignición y porcelana
- 0080 revisar fotocelda
- 0090 revisar tablero control sistema
- 0100 revisar sensores
- 0110 revisar termostato
- 0120 revisar válvulas
- 0130 revisar cables y conexiones
- 0140 revisar termocupla
- 0150 revisar contador gas
- 0160 hacer pruebas de seguridad
- 0170 acompañar a proveedor
- 0180 si requiere cambio genere aviso
- 0190 verificar funcionamiento
- 0200 limpiar equipo y herramienta.

7.3.7.2.Mantenimiento eléctrico motor Calderas Aceite Térmico y Vapor

- 0010 leer procedimiento
- 0020 llevar herramienta necesaria
- 0030 usar protección personal

- 0040 diligenciar permisos
- 0050 aislar energías peligrosas
- 0060 desmontar motor
- 0070 que no haya sobrecalentamiento
- 0080 revisar elementos de sujeción
- 0090 que no haya vibración excesiva
- 0100 revisar ruidos extraños
- 0110 revisar tapa bornera
- 0120 toma datos de corriente
- 0130 revisar cables y conexiones
- 0140 hacer pruebas de seguridad
- 0150 acompañar a proveedor
- 0160 si requiere cambio genere aviso
- 0170 verificar funcionamiento
- 0180 limpiar equipo y herramienta.

7.3.7.3.Mantenimiento mensual calderas aceite térmico y vapor

- 0010 leer procedimiento
- 0020 llevar herramienta necesaria
- 0030 usar protección personal
- 0040 diligenciar permisos

0050 aislar energías peligrosas

0060 revisar estructura

0070 revisar que no presente fugas de (gas con detector de gases, agua y/o ACPM)

0080 revisar estado válvulas

0090 revisar estados reguladores

0100 revisar ventilador aire, asegurarse que no haya acumulación de suciedad o material extraño en el conjunto de álabes del ventilador. Revisar si hay uniones roscadas sueltas en el motor, en la carcasa del ventilador o en la base civil, tornillos del conjunto de álabes del ventilador están sueltos.

0110 caldera cuerpo presión, limpiar derrames de aceite, limpiar el polvo de la parte superior de los paneles de control y otras superficies planas. Lleve registro de las temperaturas de chimenea.

Esto es beneficioso a la hora de determinar la limpieza de la zona de escape de gases de la caldera.

0120 realizar inspección visual del nivel de agua en la caldera, revisar si los sensores de temperatura y presión están funcionando de manera adecuada.

0130 realizar análisis de agua y grabar los resultados.

0140 revisar si hay fugas en todas las conexiones, se debe reducir la presión en la caldera debajo de 15psi antes de realizar algún ajuste en las uniones roscadas en los elementos de la caldera.

0150 reemplazar las empaquetaduras tan pronto como sea práctico, se debe estar muy pendiente a filtraciones en los tubos. Fugas de agua en la parte frontal o posterior de la caldera especialmente cuando la unidad está apagada o cuando se tiene vapor en la

chimenea, debe ser resuelto inmediatamente. No se debe realizar expansión de tubos cuando la caldera está bajo presión.

0160 verificar la operación de los controladores de presión de la caldera, revisar empaques en handhole y manway (ductos de acceso de la caldera para mantenimiento) y ajustar si es requerido.

0170 revisar temperaturas de chimenea y realizar el respectivo registro para notar tendencias en el gradiente de temperatura, (un aumento de temperatura indica la necesidad de realizar limpieza en la zona de salida de gases de escape).

0180 revisar estado tuberías

0190 revisar conjunto quemador, revisar tren suministro gas, limpiar quemador

0200 revisar estado cheques, revisar funcionamiento modulador

0210 revisar funcionamiento programador, hacer pruebas de seguridad

0220 si requiere cambio genere aviso

0230 verificar funcionamiento

0240 limpiar equipo y herramienta.

7.3.7.4.Mantenimiento trimestral proveedor calderas aceite térmico y vapor

0010 verificación y registro de parámetros actuales operacionales de la caldera

0020 niveles del agua de funcionamiento.

0030 presiones de vapor del manómetro

0040 revisiones de temperatura de gases de combustión (chimenea)

0050 verificar la correcta presión de combustible.

- 0060 verificación estado actual de la caldera o detección de fugas
- 0070 revisiones de las conexiones de tuberías, tapas de inspección de mano, de hombre y niveles visibles.
- 0080 verificar las válvulas de seguridad y estado actual tren de gas.
- 0090 verificar control de caldera y presencia de fallas
- 0100 verificar funcionamiento de los instrumentos
- 0110 verificar anomalías en cableado eléctrico y tableros
- 0120 verificar contactos eléctricos.
- 0130 revisión de ventilador y bomba de combustible
- 0140 lubricación del dámper de aire de combustión
- 0150 limpieza de filtros de combustible
- 0160 revisión y calibración de electrodos ignición, unidad de encendido y calibración de llama
- 0170 limpieza de fotocelda
- 0180 verificación de motores, bombas y rotativas.
- 0190 limpieza de visor de nivel en la columna de agua
- 0200 limpieza y ajuste de conexiones eléctricas del equipo.
- 0210 pruebas seguridad y funcionamiento: bajo nivel primario y secundario, baja presión de gas, control de presión, falla de llama
- 0220 uso de analizador de gases con medición de gases O₂, CO, CO₂, SO₂, con resultados en mg/m³, eficiencia de combustión, temperatura de gases, certificado de los analizadores vigente.

0230 calibración de la curva de combustión, desde control de combustión, creación de puntos

0240 la curva de combustión, todos los puntos de combustión serán respaldados por una medición de gases de combustión utilizando los analizadores mencionados.

0250 entrega de informe completo de calibración y de todos los trabajos realizados.

7.3.7.5. Análisis de gases bimestral calderas aceite térmico y vapor

0010 leer procedimiento

0020 llevar herramienta necesaria

0030 usar protección personal

0040 diligenciar permisos

0050 verificación de equipo parámetros

0060 instalación de sonda para muestra

0070 conectar equipo analizador

0080 tomar lectura

0090 verificar lectura y si es necesario ajustar parámetros

0100 realizar nueva toma y las que sea necesario para garantizar emisión de gases

0110 registrar en planilla

0120 limpiar equipo

0130 hacer pruebas de seguridad

0140 acompañar a proveedor

0150 si requiere cambio genere aviso

0160 verificar funcionamiento

0170 limpiar equipo y herramienta.

7.3.7.6. Encendido trimestral caldera con ACPM Calderas Aceite Térmico y Vapor

0010 leer procedimiento

0020 usar equipo de protección personal

0030 asegurar energías peligrosas y delimitar área de trabajo

0040 diligenciar permisos de trabajo

0050 revisar nivel de ACPM en tanque de alimentación.

0060 abrir válvulas de alimentación en la línea de ACPM (presión 8-10psi)

0070 revisar nivel de agua en tubo de cristal en caldera (2½ in)

0080 abrir válvulas de ingreso de agua a la caldera

0090 conectar en el regulador de la línea de suministro de gas una pipeta o cilindro con gas (este es necesario para las igniciones que requiera la caldera). Presión de gas 20psi

0100 revisar presión de gas en quemador 10inh2o

0110 revisar presión de aire

0120 energizar tablero de control de caldera

0130 en el tablero de control posicionar el codillo en combustible acpm

0140 en el tablero de control posicionar el codillo de control de agua en automático

0150 en el tablero de control posicionar el codillo de control de ignición en encender, consumos: Distral 60bhp 19.5 galones por hora, caldera de 100bhp 31 galones por hora.

Luego de la información construida se propone este plan de mantenimiento para los equipos anteriormente mencionados, donde se evidencian las actividades y la frecuencia de ejecución, repuestos y herramientas que se deben utilizar y así se espera obtener una mayor seguridad, confiabilidad y disponibilidad de los equipos cumpliendo con la producción esperada, reduciendo el número de fallas, aumentando el tiempo entre fallas, menos tiempo muerto por reparación, y todo esto es reducción en las pérdidas económicas para la empresa. Los resultados obtenidos serán medidas mediante indicadores Kpi's de Mantenimiento.

7.4. Realizar la ficha técnica para establecer los indicadores de gestión del mantenimiento planeado para los equipos de la línea piloto.

Los indicadores de mantenimiento son primordiales para cualquier empresa que desee realizar una correcta gestión de sus activos, evidenciando los incumplimientos que no permitan obtener la disponibilidad y producción esperada y tomar decisiones a tiempo

Es por eso que se propone la implementación de los siguientes indicadores de mantenimiento:

7.4.1. Indicador de Averías en un mes

(Garrido, 2010) El concepto de avería técnicamente se conoce como un fallo en la cual el activo pierde la función principal para la cual fue diseñado, afectando la operación correcta del mismo.

TÍTULO DEL INDICADOR	FÓRMULA	META	UNIDADES	SENTIDO	FRECUENCIA DE LA MEDICIÓN	FRECUENCIA DEL ANÁLISIS
AVERÍAS	No. Fallos en el mes por especialidad	6	#	Decreciente	Mensual	Mensual

Tabla 17: Indicador Averías

Fuente: Los autores

7.4.2. Porcentaje al Cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo

Este indicador puede ayudar a trazar una estrategia de mantenimiento preventivo a fin de mantener el índice por debajo de la media, así como a reducir al mínimo las paradas no programadas, se controlara la ejecución de las actividades planeadas y los tiempos efectivos de los técnicos de mantenimiento.

TÍTULO DEL INDICADOR	FÓRMULA	META	UNIDADES	SENTIDO	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	FRECUENCIA DE ANÁLISIS
% PREVENTIVO	$\% \text{ PREVENTIVO} = \left(\frac{\text{No. OT Realizados}}{\text{No. OT Planeados}} \right) \times 100$		%	Creciente	Mensual	Mensual

Tabla 18: Indicador de % Preventivo

Fuente: Los autores

7.4.3. Tiempo Medio Entre Fallas MTBF

El Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF, del inglés, Mean Time Between Failures) es uno de los principales indicadores de la disponibilidad de un equipo. El MTBF representa el promedio del tiempo que transcurre entre dos averías en un mismo equipo, cuanto más elevado sea el MTBF

más confiable es el funcionamiento del activo, y así será menor su Down time o tiempo de inactividad.

TÍTULO DEL INDICADOR	FÓRMULA	META	UNIDADES	SENTIDO	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	FRECUENCIA DE ANÁLISIS
MTBF Tiempo Medio Entre Fallas	$MTBF = \frac{\Sigma \text{ Horas de Operación del periodo}}{\text{No. Averías}}$	832	Hr	Creciente	Mensual	Mensual

Tabla 19: Indicador de MTBF

Fuente: Los autores

7.4.4. Tiempo Medio en Reparación MTTR

El MTTR representa el tiempo medio necesario para reparar las averías del equipo hasta que este vuelva a un estado plenamente funcional. Por lo tanto, es un buen indicador de cómo está siendo el desempeño del equipo de mantenimiento.

TÍTULO DEL INDICADOR	FÓRMULA	META	UNIDADES	SENTIDO	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	FRECUENCIA DE ANÁLISIS
MTTR Tiempo Medio Reparación	$MTTR = \frac{\Sigma \text{ Horas Correctivas en el periodo}}{\text{No. Averías}}$	2	Hr	Decreciente	Mensual	Mensual

Tabla 20: Indicador de MTTR

Fuente: Los autores

De acuerdo a la información recopilada anteriormente proponemos implementar los indicadores de mantenimiento, averías; % preventivo, MTBF, MTTR ya que con implementaciones realizadas en otras empresas y con resultados exitosos podemos determinar que

con los Kpi's nombrados son los más acertados para realizar un seguimiento adecuado a los equipos, establecer las mejores prácticas de mantenimiento, establecer el tiempo adecuado para realizar las intervenciones, mejorar la confiabilidad, aumentar la disponibilidad y cumplir con la producción esperada por la compañía.

8. FUENTES DE OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

8.1 Fuentes Primarias

Para la obtener la información primaria se contó con:

- Los reportes de mantenimiento realizados por el personal técnico ya que gracias a su conocimiento y experiencia en el funcionamiento de los equipos realizaron aportes muy valiosos.
- Reportes de funcionamiento realizados por los operadores ya que son las personas que mejor conocen al equipo y tienen un mayor contacto con el
- Informes que se encuentran reposados en el software de mantenimiento SAP herramienta muy valiosa ya que proporcionara información amplia y confiable.
- Información suministrada por el área de planeación de la empresa donde se evidencia el cronograma de mantenimiento de los equipos
- Reporte de las fallas en los últimos tiempos
- Reporte de tiempos de reparación y tiempos de paradas de los equipos debido a fallas.

8.2 Fuentes Secundarias.

Como fuente de información secundaria se contará con.

- Manuales de los equipos, para identificar tipo de máquina, funciones principales, principio de funcionamiento, etc.
- Se realizarán investigaciones en libros de TPM

- Se tendrá en cuenta la información que se encuentra en trabajos de grado desarrollados anteriormente en la universidad ECCI, universidades nacionales y universidades del exterior.

9. ANÁLISIS FINANCIERO

Para comprender un poco más de la inversión que se plantea realizar, es importante conocer las principales fallas o falencias que se muestran en la operación y mantenimiento de las calderas de vapor y aceite térmico, ocasionadas por las deficiencias en la gestión de mantenimiento.

Para este ejercicio, se anexaron datos de los últimos tres años investigados en las matrices de costo anual de pérdidas relacionadas con costos de mantenimiento y operación de equipos entre algunas otras. Adicional a esto, se muestra una proyección, como objetivo cuantitativo de ahorro para los próximos tres años partiendo del periodo 2023 seguido a la propuesta de implementación de la metodología inicialmente nombrada.

A continuación, se detalla el valor de inversión que se tendrá en cuenta para iniciar con la metodología y el tiempo estimado para retorno de inversión.

Los beneficios en los que incurriría la empresa, con el desarrollo de la propuesta que se está proponiendo estará ligada al aumento de la disponibilidad, aumentos en la producción, reducción en los tiempos improductivos, reducción en costos de mantenimiento por reprocesos entre algunos otros.

ITEM	DESCRIPCIÓN	PERIODO	PERIODO	PERIODO	COSTO	PROYECCIÓN
	FALENCIA	1 (2020)	2 (2021)	3 (2022)	PROMEDIO	REDUCCIÓN
					ACTUAL	COSTO ANUAL
1	Carencia de disponibilidad en equipos de suministro	\$11.458.200	\$12.548.300	\$9.635.210	\$33.641.710	\$15.520.000

2	Inadecuada operación de equipos	\$5.965.000	\$7.325.000	\$4.950.000	\$18.240.000	\$3.113.000
3	Reprocesos de mantenimientos	\$4.792.000	\$6.825.000	\$5.742.200	\$17.309.200	\$2.350.000
4	Mantenimientos contratados	\$16.398.420	\$17.660.000	\$15.850.000	\$49.908.420	\$12.400.000
5	Operación empírica	\$9.601.000	\$8.621.000	\$6.762.000	\$24.984.000	\$8.500.000
6	Procedimientos e instructivos inadecuados	\$5.685.000	\$3.854.000	\$4.305.000	\$13.844.000	\$3.162.000
7	Mano de obra indirecta	\$12.885.000	\$13.000.000	\$11.860.000	\$37.745.000	\$6.215.000
	TOTAL	\$66.734.620	\$69.833.300	\$59.104.410	\$195.672.330	\$51.260.000

Tabla 21: Principales valores de pérdida en los últimos tres años por falencias en la adecuada gestión de mantenimiento

Fuente: Los autores

TOTAL COSTO ACTUAL	\$ 195.672.330	100%
PROPUESTA REDUCCIÓN ANUAL	\$ 51.260.000	26%
OBJETIVO DE AHORRO	\$ 144.412.330	74%

Tabla 22: Proyección de ahorro posterior a la implementación

Fuente: Los autores

ITEM	ACTIVIDAD	INVERSIÓN
1	Diseño de matrices de criticidad	\$ 2.585.000
2	Construcción de instructivos de operación	\$ 1.679.520
3	Capacitación técnica y operativa de equipos y mantenimientos	\$ 1.865.000
4	Estandarización de procesos	\$ 2.742.700
5	Implementación de software de mantenimiento	\$ 12.000.000
INVERSIÓN TOTAL		\$ 20.872.220

Tabla 23: Inversión – Actividades propuestas dentro de la inversión

Fuente: Los autores

La inversión que se requiere para iniciar la propuesta de gestión metodológica del mantenimiento planeado paso uno, es la que se detalla en el anterior cuadro, casilla inversión total.

Paralelo al costo de inversión, se determinaron algunas actividades clave, con un rubro para lograr el objetivo de reducir el alto costo que se muestra en el primer recuadro del análisis financiero.

A continuación, el detalle de cada una de las actividades más relevantes que servirán como base y que se determinaron teniendo en cuenta el problema de investigación.

- Diseñar matrices de criticidad en cada uno de los equipos y sistemas de generación de vapor, logrando así identificar el tipo de intervención a realizar y repuestos críticos.
- Construir instructivos o procedimientos de operación, teniendo en cuenta los aportes de cada uno de los técnicos de mantenimiento y operadores de los equipos de generación de vapor.
- Diseñar planes de capacitación frecuente con las áreas de mantenimiento, HSE y ambiental, que conlleven a la formación en la metodología de mantenimiento planeado del personal que está inmerso en la operación y servicios.
- Determinar estándares de mantenimiento y operación en cada una de las fases de trabajo de las calderas, de igual manera el método en el que se realizan los mantenimientos.
- Adquirir un software de mantenimiento que se ajuste a las necesidades de la operación y que nos permita llevar control, planeación y programación de la mayor parte de la gestión de mantenimiento.

$$ROI = \frac{\text{Beneficio obtenido} - \text{Costo de implementación}}{\text{Costo de implementación}}$$

$$ROI = \frac{144.412.330 - 20.872.220}{20.872.220}$$

$$ROI = \frac{123.540.110}{20.872.220} = 5.92$$

Posterior al despeje de la fórmula de retorno de inversión evidenciamos que por cada peso que se invierta, nos retornara \$ 5.92 en los próximos tres años, que es el dato de número de los periodos que se tomó como muestra para desarrollar el ejercicio

10. CONCLUSIONES

Al realizar el análisis de criticidad en la compañía Nacional de Chocolates, se obtuvo un punto de partida para asignar los recursos necesarios a la línea piloto Calderas Aceite Térmico y Vapor del área de Servicios Industriales garantizando el correcto funcionamiento y estableciendo el plan de mantenimiento adecuado de acuerdo con la criticidad de sus activos.

La propuesta de implementación se enfoca en la aplicación de la metodología TPM mantenimiento productivo total paso 1 del pilar mantenimiento planeado, ya que le permitirá a la compañía establecer un programa de mantenimiento adecuado en los equipos, disminuyendo las fallas y las paradas no planeadas controlando así las posibles desviaciones en la producción.

Aplicando el paso 1 del pilar de mantenimiento planeado de la metodología TPM conservamos de mejor manera los activos ya que el personal de operación estará capacitado técnicamente e involucrado en el cuidado de los equipos realizando actividades como (limpieza, lubricación, inspecciones periódicas) así se evitarán fallas que puedan detener la producción.

Al implementar los indicadores de gestión del mantenimiento KPI'S propuestos en este documento podemos establecer un control y un seguimiento adecuado a los equipos en línea piloto Calderas Aceite Térmico y Vapor del área Servicios Industriales con el fin de establecer las mejores prácticas de mantenimiento, establecer los tiempos adecuados para la intervención, controlar los tiempos entre fallas y en caso de tener alguna desviación poder ejecutar un plan de acción con el fin de mantener los equipos en óptimas condiciones de trabajo.

11. RECOMENDACIONES

- En caso de adquirir un nuevo equipo incluirlo en la matriz de criticidad para así establecer la importancia e impacto de este.
- Mantener actualizados los principios de funcionamiento y procedimientos de los equipos para estandarizar la operación de estos.
- Se recomienda a la compañía Nacional de Chocolates y al área de mantenimiento cumplir con los planes de mantenimiento establecidos dentro de este documento con el fin de reducir los mantenimientos correctivos, disminuir los gastos generados por paradas no planeadas, aumentar la disponibilidad de los equipos y obtener la producción esperada.
- Realizar un seguimiento periódico a los indicadores de gestión del mantenimiento establecidos en este documento para así poder establecer planes de acción en caso de tener desviaciones, con el fin de obtener los resultados esperados frutos de esta investigación.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso, I. L. (2018). Propuesta para la implementación de un Plan de Mantenimiento Autónomo
Caso de estudio: Línea de Clavo Prensado Emcoclavos S.A.S. 98.
- Analisi de los sistemas de mejora continua en las empresas.pdf. (s. f.).
- Chacón, J. G. (s. f.). Propuesta de un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo (caso estudio metodología 8 pasos). 86.
- Cisneros, B., & Ruiz, W. (s. f.). Propuesta de un Modelo de Mejora Continua de los procesos en el Laboratorio PROTAL – ESPOL, basado en la integración de un Sistema ISO/IEC 17025:2005 con un Sistema ISO 9001:2008 en el año 2011”. 194.
- ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO.pdf. (s. f.).
- Estupiñan, S. J. (s. f.). DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ENFOCADO A TPM PARA LA COMPAÑÍA DE MONTAJES DISEÑO Y CONSTRUCCION C.M.D SAS. 88.
- López, D. L. P. (2008). IMPLEMENTACIÓN DE PLAN PILOTO DE TPM EN UNA INDÚSTRIA DE CERÁMICA. 2008, 56.
- Matoma, C. R. (s. f.). Propuesta de un Modelo de mejora en los planes de Mantenimiento de los Activos Fijos Productivos de la Planta de Aseo de la empresa Casa Luker S.A. 84.
- NORMA ISO 9001 2015.pdf. (s. f.).
- Quiñonez, A., & Andrés, B. (s. f.). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado ubicada en la ciudad de Santa Elena. 143.
- Rondón, F. G. M. (s. f.). Laura V. Murcia y Cesar D. Cantor. 68.
- Ruiz, Y. J. (s. f.). PROPUESTAS DE MEJORA BAJO LA FILOSOFÍA TPM PARA LA EMPRESA CUMMINS DE LOS ANDES S. A. 48.
- TM_LlontopMendozaLucio.pdf. (s. f.).
- Garrido, S. G. (2010). *Organizacion y gestion integral de mantenimiento* . Madrid: Diaz de Santos.

<https://www.cetys.mx/educon/conceptos-y-caracteristicas-del-tpm/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20TPM%3F,y%20equipos%20que%20est%C3%A9n%20previstas.>

<https://envira.es/es/como-crear-plan-mantenimiento-preventivo/#:~:text=Un%20plan%20de%20mantenimiento%20es,y%20por%20ende%20ampliar%20la>

<https://definicion.de/averia/>

<https://blog.infraspeak.com/es/indicadores-de-mantenimiento/>

<https://blog.infraspeak.com/es/que-es-mtbf/>

<https://infraspeak.com/es/glosario-mttr/>